

+ KALENDER 2015

6 / 2014
november-detsember
Hind 3.50

www.horizont.ee

horizont



■ I N I M E N E

■ L O O D U S

■ U N I V E R S U M

KÜBER- DŽINN PUDELIST VÄLJAS

Elurikkus
loob mustreid

Nobelid nopitud

Juubelijuttu
Mati Kaaluga



Dell Latitude E7240



Intel i5-4300U 2900 Mhz
4GB DDR3 RAM
128GB SSD, ID kaardilugeja
12.5" HD (1366 x 768) LED
Intel HD 4400 1GB
Windows 7/8 Pro 64bit
Kaal 1.3 kg
Garantii 3 aastat
Aku kuni 7 tundi

~~1299€~~
799€

Dell Latitude E5440



Intel i5-4300U 2900 MHz
4GB DDR3 RAM
DVD kirjutaja, ID kaardilugeja
NVIDIA GeForce GT 720M 2GB + Intel HD
500GB 7200rpm + 8GB SSD
14" HD+ (1600x900) LED
Windows 7/8 Pro 64bit
Kaal 1.9 kg
Garantii 3 aastat
Aku kuni 12 tundi

~~999€~~
725€

ThinkPad

Lenovo Thinkpad T440s



Intel i5-4300U 2900 Mhz
8GB DDR3 RAM
128GB SSD, ID kaardilugeja
14" HD+ (1600x900) LED
Intel HD 4400 1GB
Windows 7/8 Pro 64bit
Kaal 1.5 kg
Garantii 3 aastat
Aku kuni 9 tundi

~~1599€~~
1199€

ThinkPad

Lenovo Thinkpad T410s



Intel i5-520 2933 MHz
4GB DDR3 RAM
DVD kirjutaja
128GB SSD
14.1" WXGA+ (1440x900)
Intel 5700MHD 1024MB
Windows 7 Professional 64bit
Kaal 1.7 kg
Garantii 1 aasta
Aku kuni 4 tundi

~~1099€~~
375€

HP Elitebook 840



Intel i5-4300U 2900 MHz
8GB DDR3 RAM
128GB SSD, ID kaardilugeja
14" HD (1366 x 768)
Intel HD 4400 1GB
Windows 7/8 Pro 64bit
Kaal 1.5 kg
Garantii 3 aastat
Aku kuni 12 tundi

~~1299€~~
899€

Dell Latitude E6410



Intel i5-520M 2933 MHz
4GB DDR3 RAM
DVD kirjutaja, ID kaardilugeja
250GB 7200rpm
14.1" WXGA (1280x800) LED
Intel GMA 4500MHD 1GB
Windows 7 Professional 64bit
Kaal 1.9 kg
Garantii 1 aasta
Aku kuni 4 tundi

~~600€~~
325€

ThinkPad

Lenovo Thinkpad T400



Intel Core2Duo 2400 MHz P8600
3GB DDR3 RAM
cd-dvd combo
160GB 7200rpm
14.1" WXGA (1280x800) LED
Intel HD Graphics 5700MHD
Windows Vista või XP
Kaal 2 kg, ID kaardilugeja
Garantii 1 aasta
Aku kuni 4 tundi

~~475€~~
225€

HP Elitebook 8560p



Intel i7-2620M 3400 MHz
4GB DDR3 RAM
DVD kirjutaja
128GB SSD, ID kaardilugeja
15.6" HD+ (1600x900) LED
AMD Radeon HD 6470M 1GB
Windows 7 Professional 64bit
Kaal 2.7 kg
Garantii 1 aasta
Aku kuni 5 tundi

~~1299€~~
649€

Kohapeal üle 100 kvaliteetse äriklassi sülearvuti!!!

Meie valikust leiate ainult vastupidavad sülearvutid. Neid on võimalik kohapeal, hubases sülearvutite salongis, vaadata-katsuda ja muidugi ka osta.



Sülearvutite rent alates **4€**
Sülearvutite akud alates **50€**
Sülearvutite ekraanid alates **50€**

Kivimurru 34, Tallinn
Telefon: 6 835 543
Mobiil: 5 666 5943
laptopid@laptopid.ee
www.laptopid.ee



Laptopid.ee
kõik sülearvutitest!

SELLES NUMBRIS

Peeter Lorents

Vaenlane valguskaablis ehk mida arvata küberkaitsest 14

Kübertahandid võivad muuta ka tühiselt väikesed inimrühmad väga võimekaks, kui on tarvis midagi purustada, mittetoimivaks muuta või oma tahte kohaselt toimetama panna. See vastandub senisele olukorrale, kus oma tahtmisest tulenevate suurte tegude tegemiseks oli vaja palju inimesi, kes seda tahet (kuulekalt) tegudega tunnustasid.

NOBELI AUHINNAD

Jüri Allik

Ruumilise positsioneerimise süsteem ajus 32

Ruumilise positsioneerimise süsteemi uurimine on teaduse eesliin, kus osaleb sadu uurijaid, kes on teinud olulisi avastusi. Mis on olnud tänavuste nobelistide edu põhjus selles võidujooksus?

Jaan Aarik, Jaak Kikas

Füüsikute aasta 34

ÜRO on kuulutanud 2015. aasta valguse ja valguspõhiste tehnoloogiate aastaks. On sümbolne, et ka viimased füüsikute-keemikute tipptunnustused on antud välja seoses valgusega.

Martin Zobel

Elurikkuse varjatud mustrid 40

Bioloogilise mitmekesisuse tipp-keskuse ehk FIBIR-i eesmärk on välja selgitada, miks ökosüsteemide elurikkus varieerub.

Ken Kalling

Moodne ja ühtlasi vanamoodne 48

200 aastat tagasi ilmus Karl Ernst von Baeri doktoritöö, mis valmis murrangulisel ajal. Loodusteadused, näiteks füsioloogia, rakuteooria, biokeemia, alles kogusid hoogu. Mõned valdkonnad, nagu mikrobioloogia, ei olnud veel sündinud.



14

Kaupo Voormansik, Tanel Tamm

Polarimeetrilised radarid seiravad keskkonda 52

2014. aasta kevad oli maailma satelliit-radariseire jaoks murranguline: orbiidile jõudsid kaks uut radar-satelliiti – Euroopa Kosmoseagentuuri Sentinel-1A ja Jaapani ALOS-2. Veebruaris 2014 alustas Tartu Observatooriumis tegevust radariseire töörühm.

HORISONT KÜSIB

Üksainus küsimus teaduse populariseerimisest 4

Vastab akadeemik Tarmo Soomere

Intervjuu 24

Härra Tallinna Loomaaed

Kuidas on tänavu 75. sünnipäeva tähistanud Tallinna loomaaed vaatamata turumajandusliku mõtlemise võidukäigule tänaseni säilitanud klassikalise, kõige muu kõrval ka teadustegevusele pühendunud loomaaia vaimu, seda uuris Mati Kaalult Ulvar Käärt.

Mina & teadus 51

Kuidas on teadus mõjutanud tema elu, selle üle mõtiskleb kirjatsura Villu Kangur.

SIIT- JA SEALPOOLT HORISONTI

Mihkel Kama. Sabatähed

võõras taevas 3

Jüri Ivask. Kosmosemissioonide

kroonika 5

Ulvar Käärt. Rõuges kerkib iidsete

ehitusvõtetega muinastalu 6

Kaarel Tarand. Asi rändab,

lugu kasvab 7

Tiit Kändler. Inimene otsib kvant-

maailmast iseennast 8

Rein Einasto, Aat Sarv. Inju paas 10

OLÜMPIAAD

Mihkel Kree

Noored füüsikahuvilised

rahvusvahelisel jõuproovil 58

PRAKTILIST

Raamat

Sirje Keevallik. Õpetlik ja lõbus

ilmateadus 59

Raivo Mänd. Raamat, milleta ma

oma eriala ette ei kujuta 60

Mati Kaal. Lugemiselamus ja

e-maailm 61

Enigma

Tõnu Tõnso

Veel ruutude moodustamisi 62

Ristsõna

63

Mälusäru

Nuputamist pakuvad

mälumängijad Indrek Salis ja

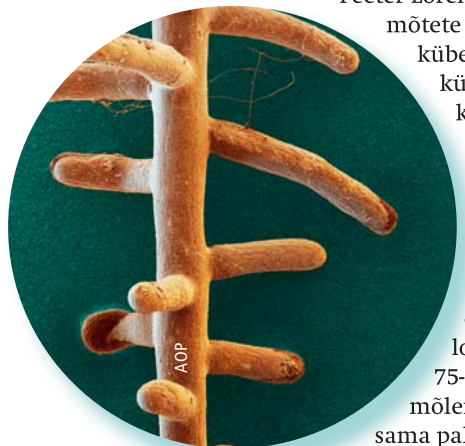
Jevgeni Nurmla. 64



24

Sügisene Horisont, rahulikult kirev

Emakeelne teaduse populariseerimine on iga riigi kui terviku jaoks strateegiliselt tähtis. Nõnda kirjutab vastses Horisondis akadeemik Tarmo Soomere. Horisondi toimetuse kirjutab sellele tödemusele kahe käega alla ja küllap teevad sedasama ka meie lugejad!



Peeter Lorents on muu hulgas tuntud terava sulega mehe, kes on silmapaistev uute mõtete maaletooja. Viimasel ajal möödub harva päeva, kui meedias ei räägitaks küberkaitsest või küberrünnakust. Aga mis asi see „küber“ on? Kunagi oli küberneetika teadusharu, mis andis progressile uue hoo. Nüüd räägime küberohust ja kübersõjast. Õigupoolest kübersõjad juba käivad lahinguväljadel, mida on keeruline n-ö palja silmaga üles leida. Peeter Lorentsi kirjutis annab põhjaliku ülevaate küberohtude olemusest ja ka käimasolevatest sõdadest. Oodatud kübermaailm on ootamatult kohal. Mis asutus see võiks olla, mis pakub vurlestuvale maailmale loodusharidust ja puhkevõimalust ning lisaks uurib ja päästab väljasuremisohus loomi? Eelmise lause viimasest sõnast kinni võttes saab õige vastuse. See on muidugi loomaaed! Tallinnas on asjad nii, et ütled Mati Kaal ja mõtled loomaaed ning muidugi ka vastupidi. Tallinna loomaaed on saanud 75-aastaseks ja Mati on seal töötanud 46 aastat, muljetavaldavad numbrid mõlemad. Täna elab Tallinna loomaaias ligikaudu 10 000 looma, enam-vähem sama palju on Paides elanikke. Seegi number näitab Mati Kaalu vastutuse suurus! Horisont õnnitleb loomaaeda ja avaldab pika intervjuu direktoriga.

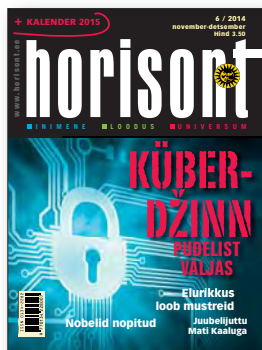
Käimasoleva aasta Nobeli preemiad on jagatud ja Horisont tutvustab preemiasaajaid ning seda, mille eest preemiaid jagati. Preemiad on traditsioonilised ja ka Horisondi jaoks on traditsiooniline aastast aastasse preemiasaajaid tutvustada. Harva juhtub nii, et ühel aastal saab kõige hinnalisema teaduspreemia abielupaar. Sel aastal niimoodi juhtus!

Lindude sulestik on nagu mets, kus elab sadu liike. Tõsi, sulemetsa olesed on väga tillukesed. See teadmine kõneleb elurikkusest, mida võib leida kõige vähem oodatud kohtadest. Elurikkuse uurimisest kirjutab akadeemik Marti Zobel ja tõdeb, et elurikkus pole meie planeedil kaugeltki ühtlaselt jaotunud. Tasub lugeda, et teada saada, palju inimese käsi selle ebaühtluse kasvatamisel mängus on.

„Madal vaimne kultuur on põhjuseks, miks eestlased peaaegu ei suuda oma seisundit täpselt kirjeldada. Oma flegmaatilise iseloomu ja sügava ükskõiksuse tõttu, mis väga paljude haiguste puhul tunduvalt suureneb, nad mitte üksnes ei jälgi iseennast, vaid sageli ei vaevu oma hädadest arstide täpsemalt rääkima, veel enam seetõttu, et nad arstiteadust vähe usaldavad ja isegi surmast ei hooli.“ Nõnda kirjutab mees, keda eesti rahvas, hoolimata selle Ülo Torpatsi poolt meisterlikult tõlgitud pika lause sisust, kõrgelt hindab. Isegi nii kõrgelt, et kui meil oli veel oma uus kroon, seisis Karl Ernst von Baeri portree ühel rahatähel. Baeri doktoritöö „Eestlaste endeemilistest haigustest“ valmimisest möödub 200 aastat ja selle tähtpäeva puhul ilmutame teadusloolase Ken Kallingu artikli. Kasulik on lugeda seda artiklit ja ka Baeri doktoritööd, mida on maakeeles kahel korral välja antud.

Tähtsündmusega tahan selle kaaskirja ka lõpetada. Horisont õnnitleb kogu populaarteadusliku vastutustundlikkusega akadeemik Tarmo Soomeret kui Eesti Teaduste Akadeemia uut presidenti! ●

Indrek Rohtmets



ESIKAANE FOTO: SCHUTTERSTOCK

Ilmub aastast 1967. 6 numbrit aastas.

• Toimetus: Endla 3, Tallinn 10122 / tel 610 4107 / faks 610 4109 / e-post: horisont@horisont.ee

Peatoimetaja: Indrek Rohtmets, indrek@horisont.ee

Tegevtoimetaja: Kärt Jänes-Kapp, kart@horisont.ee

Toimetajad: Ulvar Käärt, ulvar@horisont.ee, ja Toomas Tiivel, toomas@horisont.ee

Keeletoimetaja: Signe Siim, signe@loodusajakiri.ee

Kujundus: Kersti Tormis, kersti@horisont.ee

• Väljaandja: MTÜ Loodusajakiri, Endla 3, Tallinn 10122 / e-post: loodusajakiri@loodusajakiri.ee

Vastutav väljaandja: Tiina Talvi, tiina@loodusajakiri.ee

Reklaamijuht: Elo Algma, 610 4106, reklaam@loodusajakiri.ee

• Tellimine: 610 4105, loodusajakiri@loodusajakiri.ee

ISSN 2228-3471 (e-luger)

Autoriõigus: MTÜ Loodusajakiri, Horisont, 2014

Trükitud trükikojas Kroonpress

SABATÄHED VÕORAS TAEVAS

Aeg-ajalt meie öötaevast kaunistavad sabatähed – komeedid – on Päikese ümber tiirlevate planeetide moodustumisest üle jäänud väikekehad, mis koosnevad kivist ja jääst. Äsja on kinnitust saanud, et suur hulk komeete on tekkinud ka kuulsa noore tähe Beeta Pictoris ümber, ja nende omadused on üsna huvipakkuvad.

Pictoris ehk eestipäraselt Maa-lija tähtkuju heleduselt teine täht, Beeta Pictoris, on Päikesest pisut massiivsem ja väga noor. Selle vanus on kõigest kümme-kond miljonit aastat, mis võrreldes Päikesesüsteemi 4,5 miljardi aastase vanusega on samaväärne vastündinuga.

Juba 1984. aastal tuvastasid Ameerika Ühendriikide astronoomid Beeta Pictoris ümber suure tolmu- ja kivitükikesi. Täna teame, et sellised nn purdekettad tekivad planeetide tekkimisest üle jäänud kivilahmakate kokkupõrgetel, milles vabaneb suures koguses mikroskoopilisi kivitükikesi. Niisiis on Beeta Pictoris ümber juba aset leidnud planeetide teke ning, tõepoolest, 2009. aastal teatas Grenoble'i Joseph Fourier' ülikooli teadlane Anne-Marie Lagrange'i juhitud tööühm, et on selle tähe ümber leidnud planeedi. Avastus oli erakordne, kuna tegu oli tolle ajani kõige noorema leitud planeediga, enamik teadaolevaid eksoplaneete on Päikese-ladsete keskealiste tähtede ümber.

Vahepeal, alates aasta-tuhande vahetusest, olid aga teised astronoomid keskendunud Beeta Pictoris kiiratud valguses aset leidvate muutuste uurimisele. Nimelt selgus, et tähtelt tuleva valguse neeldumine teatud aatomitele ja ioonidele vastavatel lainepikkustel on ajas muutuv. Teisisõnu on tähe ees aeg-ajalt hajunud aine pilved, mis teatud lainepikkustel selle kiirgust neelavad.

Veelgi enam, Doppleri efekti kasutades selgus, et need aine pilved liiguvad, ja kohati kiirusega, mis ulatub saja kilomeetriti sekundis. Vaatluse tulemusi selgitati hüpoteesiga, et tähe lähedusse satuvad komeedid, mille tolmu- ja gaasist koosnevad sabad tähe kiirgust oluliselt mõjutavad. Komeedid on tõepoolest kiired ja suurte sabadega: hetkel Päikesesüsteemi sisealadele liikuv komeet Siding Spring kihutas hiljuti Marsist mööda kiirusega enam kui 50 kilomeetrit sekundis ning tema saba läbimõõt ulatub üle saja tuhande kilomeetri, mis on kümnekond protsenti Päikese läbimõödust.

Ehkki eksokomeetide olemasolu oli juba iseenesest põnev avastus ja suurepärase kooskõlas teiste Beeta Pictoris ümber leitud märkidega, mis annavad tunnistust noore planeedisüsteemi sünnist, puudusid siiski nende sabatähtede süstemaatilised uuringud. Siin tulebki mängu Flavien Kieferi juhitud ja peamiselt Prantsusmaal baseeruv tööühm. Kieferi rühm kogus kaheksa aasta vältel üle tuhande kõrge tundlikkuse ja lahutusega Beeta Pictoris spektrit ning viis läbi neis nähtavate eksokomeetide statistilise analüüsi. Töös kasutati peamiselt eksoplaneetide avastamiseks kasutatavat kuulsat spektromeetrit HARPS. Oma tulemusi kirjeldavad astronoomid oktoobri lõpus väljaandes Nature ilmunud artiklis.

Beeta Pictoris eksokomeedid jagunevad autorite sõnul kahte rühma. Ühe rühma liikmed liiguvad väga sarnastel orbiitidel ja eraldavad suures koguses gaasi. Neid arvatakse olevat tekkinud ühe hiidkomeedi lagunemisel, mille

käigus vabanes sadu või tuhandeid värskeid fragmente, millest igaüks nüüd jõudsalt Beeta Pictoris paistel aurustumas on. Päikesesüsteemiski on sarnaseid komeediperesid, millest tuntuim on Kreutzi komeetide perekond.

Teise rühma liikmed on vähem aktiivsed ja nende liikumisteed on suurema hajuvusega. Autorid pakuvad, et teise rühma eksokomeetide orbiidid on seotud mõne veel tuvastamata planeediga ja korduvatel möödumistel oma ematähe lähedalt on need suurema osa oma kergesti aurustuvast sisust juba kaotanud. Lagrange'i rühma leitud planeet on selleks Beeta Pictorisest liiga kaugel, niisiis kaunistavad need sajad sabatähed ilmselt ühe meie esialgu tundmata planeedi öötaevast.

• Mihkel Kama

Loe veel: Kiefer et al. Two families of exocomets in the Beta Pictoris system. *Nature*, vol 514, 23.10.2014.

Loe Horisondist: Teolt tabatud eksoplaneet. *Horisont* 4/2010.

Mihkel Kama on Leideni ülikooli astrofüüsik.



Kunstniku ettekujutus sabatähtedest noore tähe Beeta Pictoris ümber.

teaduse populariseerimisest

Mis roll on Teie arvates tänapäeval eestikeelsel ja eesti-meelsel teaduse populariseerimisel?

Osa vastusest peitub juba teaduse definitsioonis. Neist kõige lühim, kus veel olemas vajalik kvintessents, ütleb, et teadus on oluliste uute teadmiste hankimine ja nende kommunikeerimine teistele. Vikipeedia praegune versioon kitsendab mõnevõrra viimast aspekti, pannes rõhu teadmiste talletamisele, kuid sel juhul jääb puudu midagi olemuslikku: tagasiside ja kvaliteedikontroll.

Nõnda arutledes on teaduse populariseerimine teadusmaastiku lahutamatu osa. Sellega on tegemist iga kord, kui teadlane oma tööd teistele lugemiseks kirja paneb või esitlemiseks ette valmistab. Isegi väga kitsale lugejaskonnale kirjutatud tekst selgitab, millele saadud uued teadmised tuginevad ning kuidas need meie teadmiste horisonti laiendavad. Võrreldes tavapärase populariseerimistööga, milles püütakse teadlase töö tuuma viia võimalikult laia lugejaskonnani, varieerub põhiliselt see, millise rangusega faktid esitatakse, aga ka see, kas seda teeb teadlane ise või on keegi teda abistamas. Mõlemal juhul sõltub tulemus eelkõige kahest komponendist: kui sügavuti on kirjutaja või kõneleja materjali mõistnud ning kui mõistetavalt, professionaalselt ja atraktiivselt on materjal esitatud.

Selle mõttelõnga edasine kerimine viib meid mõnevõrra jahmatava, kuid igati loogilise järelduseni. Nimelt on emakeelne teaduse populariseerimine iga riigi kui terviku funktsioneerimise üks strateegilisi komponente.

Kui teadlased piirduvad kitsale spetsialistide ringile suunatud publikatsioonidega, jääb nende väärtus (kuigi oluline maailmateadusele) sageli ühiskonna jaoks mõistetamatuks; ja siis pole ime, kui maksumaksjad ei soovi, et nende raha teadusele kulutatakse.

Muidugi on natuke utreeritud väide, nagu poleks ükski Eestist pärinev teaduspublikatsioon sisuliselt panustanud Eesti majanduse arengusse. Nii erialajakirjades publitseerimine kui ka teaduse otsene panus majandusse

EMAKEELNE TEADUSE POPULARISEERIMINE ON IGA RIIGI KUI TERVIKU FUNKTSIONEERIMISE ÜKS STRATEEGILISI KOMPONENTE.

on tegelikult kui jäämäe veepealne osa selle kõrval, mida korralikult tasemel teadus teeb oma riigi jaoks. Sinna kuulub näiteks kõigi valdkondade spetsialistide ja inseneride koolitamine. Seda oleks sama hästi kui võimatu nõutaval tasemel teha, kui lõviosa õppejõudusid ei oleks ühtlasi tegevteadlased või kui nad ei oskaks teadussaavutusi loengutes-seminarides selgitada. Oleks lausa imelik teha seda võõrkeeles, sest siis ei oskaks ju järgmise põlvkonna insenerid suhelda ei oma kaastööliste ega tööandjatega. Teadlase definitsiooni hulka kuulub oma valdkonna uusimate saavutustega kursis olemine ja selle mõistmine, kuidas saab neid üldse kasutada. Kui seda kõike monograafiatest või õpikutest lugeda, jääksime 10–20 aasta võrra teistest maha.

Teine näide, kus tippteadlaste analüüsivõime(kus) ja populariseerimisoskus (ehk väljendusoskus) on sõna otseses mõttes kulda väärt, on kogu ühiskonda puudutavate strateegiliste küsimuste arutelu – elektrijaamade või raudtee erastamine või maavarade mõistlik kasutamine. Need on kohad, kus teadlastel tuleb selgitada probleeme ja võimalikke lahendusvariante kõigile osapooltele samal moel – mõistetavalt, professionaalselt ja atraktiivselt.

Emakeelsetel teaduse populariseerijatel võib olla radikaalselt erinev auditoorium. Sellel maastikul on kõige teadlikumale lugejale suunatud populaarteaduslikke materjale üllitanud Teaduste Akadeemia. Need tekstid ja akadeemilised loengud nõuavad süvenemist ja kaasamõtlemist, esitades kohati teadusartikli ranguseni ulatuvaid ülevaateid strateegiliste teadusvaldkondade arengust ja Eesti teadlaste edusammudest, sh Eesti riikliku teaduspreemia saanud tööd.

Üheks piiripealseks vormiks on teaduslikul ekspertiisil põhinev populariseerimistegevus, näiteks üliõpilaste teaduspreemiate väljaandmine. Teaduse ja populariseerimise piiril balansseerivad ka mitmed ajakirjad nagu Keel ja Kirjandus või Akadeemia. Vaatenurk ja sihtrühm laienevad, esitus muutub atraktiivsemaks ja teaduslikku rangust on vähem klassikalistes populaarteaduslikes väljaannetes Horisondist Imelise Ajalooni. Suurima lugejaskonnaga on päevalehtede teadusküljed ja -uudised. Neil kõigil on oma roll ühiskonna teenimisel ja pikal teel selle poole, et teadmispõhine maailmavaade ja otsustamisviis kujuneksid domineerivaks kõigis ühiskonna kihtides. Sellise töö vajalikkust rõhutab ka Teaduste Akadeemia uue arengukava kontseptsioon. ●

Vastas akadeemik

TARMO SOOMERE

Kosmosemissioonide kroonika

Hiina järjekordne Kuu-missioon

23. oktoobril startis Hiinast nende järjekordne Kuu-missioon Chang'e 5 T1. Eesmärgiks oli saata mehitamata kosmosejaam kaheksapäevasele lennule ümber Kuu ja tuua tagasi koos maandumisega Hiina Mongooliaga piirnevas põhjaosas.

Lennu kaugeimas punktis asus moodul Maast 413 000 kilomeetri kaugusel. Lähemaks eesmärgiks oli testida tehnoloogiasid, mida on plaanis kasutada järgmise Kuu sondi Chang'e 5 juures, mis saadetakse 2017. aastal koguma Kuu pinnaproove ja neid Maale tooma. Kaugemaks ambitsioonikaks eesmärgiks on saata Hiina kodanik Maa ainsa loodusliku kaaslase pinnale.

Kosmosejaam maandus edukalt 31. oktoobril, olles sisenenud Maa atmosfääri kiirusega 11,2 km/s, mis tekitab selle pinnal temperatuuri rohkem kui 1500 °C. Kiiruse vähendamiseks lasti sel atmosfääri ülikihilt korra ka „tagasi põrgata“. Laiema avalikkuseni on jõudnud vaid mitmed Chang'e 5 T1 kaameraga tehtud kaunid fotod Kuust ja Maast.

Meenutagem, et hetkel asub Kuu pinnal projekti Chang'e 3 raames maandumismoodul ja kuukulgur Jade Rabbit, mida Hiina ise on nimetanud suureks saavutuseks, ehkki kulгурit on kimbutanud tehnilised probleemid, mis sisuliselt on selle töö peatanud. •



Hiina teadlased 1. novembril edukalt maandunud sondi uurimas.



Mangalyaan ehk MOM ja teadlasi õnnitlev India peaminister Narendra Modi India kosmoseuuringute keskuse ekraanil.

USA ja India kosmose-aparaadid jõudsid Marsi orbiidile

Esimesena, 21. septembril, jõudis edukalt Marsi orbiidile NASA kosmosejaam MAVEN, olles läbinud 710 miljonit kilomeetrit pärast starti Maalt peaaegu aasta tagasi. MAVEN-ile järgnes 24. septembril India esimene planeetidevaheline kosmosesond Mangalyaan.

Järgneva kuue nädala jooksul täpsustati MAVEN-i orbiidi kõrgust ja kontrolliti teadusaparatuuri korrasolekut ning novembris alustati uuringutega. Tegemist ongi spetsiaalselt Marsi atmosfääri uuringuteks mõeldud kosmoseaparaadiga ning teadlased loodavad selle abil välja selgitada, miks Marsi soe ja niiske atmosfäär muutus mõne miljardi aasta eest külmaks ja kuivaks. Sondi tööeks

Tagasilöögid kosmoselendudes

28. oktoobril plahvatas 15 sekundit pärast starti 43-meetrine raket Antares, mille ülesandeks oli toimetada rahvusvahelisse kosmosejaama ISS 2,5 tonni toitu, riietust, seadmeid ja teadus-eksperimente. 31. oktoobril plahvatas ja purunes katse-lennul kosmoselennuk SpaceShipTwo, paisates segi firma Virgin Galactic plaanid alustada peatselt suborbitaalsete lendudega turistidele. Viimase aja äparduste loetellu võiks tegelikult lisada ka augustikuise kütusetoru külmumisest tingitud rikke Venemaa kanderaketil Sojuz, mille tõttu ei jõudnud ettenähtud orbiidile kaks järjekordset Euroopa navigatsioonisüsteemi Galileo satelliiti. Õnneks ei saanud Antares plahvatuses keegi viga ning ISS-is jätkub varusid selle tagi paljudeks kuudeks. Lisaks jõudis kosmosejaama vaid mõned tunnid õnnestusest hiljem graafikujärgselt startinud Vene veoraket. Küll on aga plahvatus tagasilöögiks NASA-le, sest süstikulendude lõppemise järel

tellib NASA veolende komertsfirmadelt Orbital Science ja SpaceX, kes seni on teinud vastavalt kolm ja viis lendu. Neist just Orbital Science kasutab rakette Antares. Ehkki plahvatuse põhjus pole veel selge, kahtlustavad mitmed eksperdid selles Vene päritolu raketimootoreid. Nimelt kasutab Orbital Sciences oma raketis originaalis 1960. aastate lõpul Nõukogude Liidus väljatöötatud raketimootoreid, mis olid mõeldud mehitatud Kuu-lendude tarvis. AJ26 raketimootoreid on küll USA-s modifitseeritud ja testitud, kuid sellest hoolimata on nendega mitme aasta tagustel katsetustel juhtunud lekkeid ja plahvatusi.

Kosmoselennuki SpaceShipTwo õnnestuses hukkus üks katsepilootidest, teisel õnnestus langevarjuga maanduda. Projekti kohaselt stardib kosmoselennuk kandelennukil WhiteKnight Two. Jõudes paarikümne kilomeetri kõrgusele, eraldub SpaceShipTwo, käivitab raketimootori ning lendab omal jõul avakosmose piirini, pakkudes reisijatele minutitepikkust kaaluta olekut. Seejärel naaseb kosmoselennuk

on planeeritud üks Maa aasta ehk umbes pool Marsi aastat.

Et seni on õnnestunud Marsini jõuda üksnes USA, endise Nõukogude Liidu ja Euroopa Liidu kosmoseaparaatidel ning missioonide õnnestumise protsent on vaid 50 lähedal, siis on Mangalyaan India jaoks suur saavutus. Projekti maksumuseks on 75 miljonit dollarit – peaaegu kümme korda vähem kui MAVEN-il.

Mangalyaan'i ehk MOM-i, nagu seda kutsuma on hakatud, võibki pidada pigem India kosmetehnoloogia demoprojektiks. Plaanis on uurida Marsi ilmasüsteemi ning püüda kindlaks teha metaani olemasolu atmosfääris. Kosmosejaama tööeks on planeeritud kuus kuud. •

purilennuki põhimõttel Maale tagasi. Ehkki tegemist oli juba kosmoselennuki 55. lennuga, oli see alles 4. lend, kus kasutati raketimootorit. Seni oli SpaceShipTwo olnud kinnitatud kandelennuki külge või lennanud purilennuki režiimis. Ainuke muudatus võrreldes seniste raketilendudega oli uut tüüpi kütuse kasutamine, aga seda peeti vaid väikeseks nüansiks. Õnnetuse põhjuse selgitab uurimine, kuid eksperdid arvates lükkub turistide sõit kosmosesse nüüd aastaid edasi. Seni on endale pileti reserveerinud üle 500 inimese. •

• Kosmosemissioonidel hoiab silma peal Jüri Ivask.

4,1

miljonit eurot eraldab Haridus- ja Teadusministeerium järgmisel aastal täiendavalt teadlaste personaalseteks uurimistoetusteks, mis peaks leevendama teaduses valitsevat tihedat konkurentsi.

Haridus- ja Teadusministeerium

RÕUGES KERKIB IIDSETE EHITUSVÕTETEGA MUINASTALU

Kas teate, millistes tingimustes elasid meie esivanemad esimese aastatuhande hakul?

Kui ei tea, siis on põhjust minna Võrumaale Haanja loodusparki, kus Rõuge lähistel on arheoloogilise eksperimendi käigus valmimas rauaaegse talukompleksi ehe näide.

Ainulaadne ettevõtmine sai hoo sisse juba 2010. aasta suvel, mil Rõuge linnamäe naabruses tehti võimalikult autentseid töö- vahendeid ja -võtteid kasutades algust rauaaegse savipõrandaga rõhtpalkhoone täismöödus rekonstruktsiooni ehitamisega. Aluseks võeti sealsamas linnuse lääneosas 1955. aasta väljakavamistel avatud hoone põhi.

Tänapäevaks on vabatahtlike abiga üheruumilise, 30 ruutmeetri suuruse elumaja juures valmimas ka sepikoda, ait ja suvekoda, mille juurde peaks lõpuks lautki kerkima.

„Meie eesmärgiks on läbi praktilise tegevuse kõigile muinasajahuvilistele tutvustada rauaaegset elukeskkonda. Eksperimendi põhirõhk on arhailiste töövõtete ja uute teadmiste omandamisel,” sõnab TÜ ajaloo ja arheoloogia instituudi projektijuht Viire Kobresepp, kes seda päriselulist katset eest veab.

Kobresepp märgib, et õpitakse asju enamasti töö käigus, nagu projekti vältel on tavaks saanud. „Meie suureks abimeheks on Karl Tihase raamat „Eesti talurahva arhitektuur”. Loomu-



FOTOD: VIIRE KOBRESEPP

Vasakul on muinastalu eluhoone, selle kõrval on valmimas suvekoda, ait ja sepikoda.

likult küsime nõu ka tänapäeva spetsialistidelt, kes hoiavad elus vanemaid ehitustraditsioone,” selgitab ta, kuidas rauaajale iseloomulik ehitustöö käib. „Tegemist on eksperimendiga – lõplikud lahendused on sageli unikaalsed ja nendeni jõuame tavaliselt alles ehituse käigus.”

Asi, mis tänapäeva inimesele näiteks muinastalu eluhoone juures kohe silma torkab, on selle väiksus. Paljuskui niisuguse ammuse minimalistliku arhitektuurse lahenduse kujunemist dikteerinud meie talvised temperatuurid ja hoone soojapidavus. Nii pidi uks olema suhteliselt väike ja selle lävi asuma teise-kolmanda palgi-korra kõrgusel. „Väga kõrged ei olnud majad ehk seepärast, et näiteks materjali ja ehitamiseks kuluvat aega kokku hoida,” hindab Kobresepp.

Aknad tollastel majadel ei olnud ning nende asemel olid tõenäoliselt vaid väikesed suitsu väljalaskeavad. Elamul oli enamasti kõvakstambitud muld-põrand, kuid samas võis see olla kaetud ka savi või kivisillutisega ning väga harva oli põrandal puitkate. Küttekoldeks oli hoones korstnata kerisahi, mille ees süvendatud põhjaga toiduvalmistamise koht ehk lee.

Rõuge muinaskompleksi iga erineva hoone katusele on plaanitud erinev kate. Kui olemasoleval eluhoonel on kahekihiline kiskladadest katus, mille puhul on hüdroisolaatorina kasutatud kasetohtu, siis

aidale tuleb rookatus ning sepikoda peaks omakorda saama mätaskatuse.

„Järgmisel aastal üritame juba alustatud hooned ehk aida, sepikoja ja suvekoja lõpuni ehitada. Kui hooned on valmis, siis on vaja hakata tegelema majapidamisriistade ja muinasgarderoobi valmistamisega,” viitab Kobresepp, et päriselt valmis ei saa kompleks ilmselt kunagi. „Kui me tahame, et muinastalu jätkuks kauemaks, siis peab seda ka pidevalt kõpitsema.”

Seejuures osutab Kobresepp Rõuge muinastalu ehitamiseks inspiratsiooni andnud Taanis asuvale Lejre eksperimentaal-arheoloogiakeskusele. Alus pandi sellele juba 1960. aastatel, kuid senini tehakse seal pidevalt midagi uut juurde.

Olgu märgitud, et Rõuge muinastalu rajamine pole sugugi lihtsalt üks rahvahariduslik projekt, vaid see on ka tõsine teadustöö. 2012. aasta kevadel kaitses Viire Kobresepp Tartu Ülikoolis edukalt eksperimendi põhjal valminud magistr töö.

2012. aastast kuni tänavu-seni oli Rõuge muinastalu ehitus seotud piiriülese programmi Est-Lat-Rus projekti „Arheoloogia, võim ja ühiskond” eksperimendialarheoloogilise seminariga. Edaspidi peaks rekonstruktsioonitööst saama koht, kus hakatakse läbi viima nii arheoloogia ja muinaskäsitöö õpitubasid kui ka muud sorti praktilist õppetööd. Rohkem infot leiab muinastalu koduleheküljelt www.muinas-maja.edicypages.com.

• Ulvar Käär



Ragnar ja Katrin Saage meisterdavad aidakatust.



CORBIS / AOP

BERIT KONTSERT KUTSUB:

RIHO SIBUL

(LAUL, KITARR)

ULLA KRIGUL

(HARMOONIUM, OREL)

VLADISLAV KORŽETS

(MÕTISKLUSED)

JÕULUKONTSERDID HINGAMISI

L 13.12 KELL 17 **PAIDE KIRIK**
P 14.12 KELL 17 **VILJANDI PAULUSE KIRIK**
T 16.12 KELL 19 **KEILA KIRIK**
K 17.12 KELL 19 **TARTU PEETRI KIRIK**

R 19.12 KELL 19 **HAAPSALU TOOMKIRIK**
L 20.12 KELL 17 **VIIMSI KIRIK**
P 21.12 KELL 17 **PÕLVA KIRIK**
E 22.12 KELL 19 **TALLINNA KAARLI KIRIK**

ON MULLE RÄÄGITUD, ET ELAN ILMAS, KUS
EI MISKI JÄÄVALT ELAVANA PÜSI,
JA MA EI TEA, KAS SEE ON ÕNN VÕI MIS –
KESK HANGUMISI OLLA HINGAMISI.

Piletid müügil Piletilevis ja kohapeal.
Hind eelmüügis 15 €, pensionärid ja õpilased 13 €.

LOODUSE –
SÖBER

ilm.ee

KUKU

Asi rändab, lugu kasvab

19. sajandi lõpukümnendite Jüri kihelkonna pruut ei võinud uneski näha, et tema pruudikroon veedab enam kui sajandi Rootsismaal, et siis aplombiga kodumaale naasta ja lausa sümboliks muutuda.



Jüri kihelkonna pruudikroon tagasi Eestis.

Et mõnele asjale teistest suurem lugu juurde kujuneb ja kasvab, on loterii. Pole teada, kuidas, kellelt ja miks Jüri kihelkonna pastor Rudolf Winkler just need kaks rahvarõivakomplekti sai, aga ta sai ja saatis need Stockholmi, seal juba aastast 1873 tegutsenud etnograafiamuuseumi kogudesse. Igatahes kuulus ühte komplekti ka pruudikroon, mis ajastule iseloomulikult – ja küllap ka linnaläheduse tõttu –

ei ole algmaterjalilt enam kaugeltki puhas käsitöö, vaid selle tegemisel on kasutatud mitmekesiselt ka tööstuslikku päritolu materjale.

Koos 233 kaaslasega jõudis pruudikroon sel suvel tagasi Eestisse, sest esemete senine valdaja, Rootsi Nordiska Muuseet otsustas Eesti päritolu etnograafilised esemed deponeerida igaveseks ajaks Eesti Rahva Muuseumi (esemete



FOTOD: ARP KARM / ERM

Käest kätte: ajalooline hetk 29. oktoobril, kui Rootsi kroonprintsess Victoria ulatab Jüri kihelkonna pruudikrooni Eesti Rahva Muuseumi direktorile Tõnis Lukasele.



Ehtel on näha museaali topeltnumeratsioon: must number ja valge number. See tuleneb asjaolust, et Rootsi kuningriigi omandust ei saa nende seaduse järgi kunagi lõpuni ära anda, mistõttu esemed on ERM-i ajatult deponeeritud ja saanud lisaks Rootsi omale ka ERM-i numbr.

omandiõigust ei luba Rootsi seadus muuta). Sündmuse kaalukust rõhutab asjaolu, et kollektsiooni tuli sümbolsest muuseumile üle andma Rootsi kroonprintsess Victoria isiklikult.

Pole (veel) teada, mis kaalutlustel ja kuidas valisid printsess ja tema nõuandjad kõigi esemete hulgast sümbolseks üleandmisaktiks just selle kireva pruudipärja – see lugu tuleb alles kroonile juurde mõelda, kuid ega see keeruline tohiks olla, sest kuningannad ja kroonid käivadki kokku –, aga seda nad tegid. Nõnda kannab juhuste tahtel vähemalt üks talurahva iluasi Eesti Rahva Muuseumis kuningliku puudutuse (mõistagi valgetes kinnastes, nagu kord ette näeb) jälgi.

• Kaarel Tarand

Eesti Rahva Muuseumi avalike ja välissuhete juht

HORISONT KIRJUTAS

40
aastat
tagasi

HORISONT 11/1974, LK 35–36.

Mihkel Jõeveer kirjutas oma aja maailma suurimast läätspikksilmast, uurimisriistast, mis muutis meie täheteadlaste elu.

„1824. aasta septembris jõudis Tartusse teade, et tähetorni tellitud 9-tolline läätspikksilm on Münchenist teele saadetud. Sihtkohta jõudis 22 kasti pakitud vaatlusriist kahe kuu pärast. Nädal hiljem oli see juba üles seatud tähetorni läänesaali. Veel neli pilvist ööd ootamist, ja 27. novembri selgel ööl suunati pikksilm esmakordselt tähtedele. Esialgne tutvumine oli vaimustav. Oma ettekande ülikooli rektoraadile lõpetas tähetorni direktor Wilhelm Struve sõnadega: „Olgu mulle antud õnneks olla vastav neile nõudeile, mida esitab teadus sellele, kelle kasutusse on antud niisugune uurimisriist.“

30
aastat
tagasi

HORISONT 11/1984, LK 14–15.

Tehnikakandidaat Ustus Agur kirjutas suure ilma imest, televideo-konverentsist. Üksnes 30 aastat hiljem peab iga Eesti vanaema oma välismaale läinud lastelastega Skype'i abil ühendust ega pea seda mingiks eriliseks imeks.

„Täisväärtusliku liikuva TV-pildi kasutamisel põhinev video-konverents jääb siiski suhteliselt kalliks. Visalt püüti leida odavamaid lahendusi, eriti sääraseid, kus saaks läbi kõige käepärasemate sidekanalitega – telefoni-kaugsidevõrguga. Kompromissi võimaldas luua uus põhimõte: stoppkaader-TV. /.../ Kõneleja jälgimisel niisuguse TV-saatenäeme teadaotseku fotoseeriana, mis pildistatud iga 40 sekundi tagant.

Telefonikanalite üürimine nõupidamise ajaks tuleb kümneid kordi odavam TV-sidekanalitest. Seepärast on stoppkaadritega televideo-konverents saanud väga populaarseks. /.../

Arvutikorporatsioon IBM säästis tänu videokonverentsidele 1982. aastal üle viie miljoni dollari reisikulud. /.../

Meie oludes täiemõdulise liikuva kujutisega televideo-konverentsi pidamine sidesüsteemide ülekooormatuse tõttu veel kõne alla ei tule, kuid stoppkaadritega konverentside pidamine peaks igati jõukohane olema. Igatahes tulu sellest meie rahvamajandusele oleks mõõdetav miljonites.“

20
aastat
tagasi

HORISONT 7/1994, KESKAJA-ERI, LK 48–52.

Mure kaaskodanike rikkuse ja selle välja paistmise pärast on sama vana kui rikkus ja vaesus ise.

„Esimesed luksuse vastu suunatud korraldused ilmusid meil 15. sajandil. 1400. ja 1405. aasta *bursbrake*'des keelatakse naistel kulla ja hall-valgete oravanahkade kandmine. Kuld- ja hõbeehete normeerimine läbib kõiki Tallinna luksusmäärusi kuni viimasteni (17. saj lõpul). Oravanahad näivad olnud meie aladel väga populaarsed, arvestades selle järgi, et nende kasutamist ikka ja jälle keelati või piirati. /.../

Määrustes nimetatud piirangud olid kehtivad kõikidele linnaelanikele, mõned harvad privilegid linna kõrgkihilile välja arvatud, või olid elanikud liigendatud vastavalt majanduslikele võimalustele. Viimast varianti on kasutatud ka 15. sajandi rõivamääruses, kus naistel kanda lubatavate ehete väärtus sõltub nende abikaasa varanduse suuruselt. /.../

Keelud ei jäänud ainult paberile. Nende ellu viimiseks rakendati kõrgeid trahve, ent ka konfiskeerimist. Üks näide pärineb 1538. aastast, mil ühe varaka Tartu köösneri tütrelt võtsid linnasulased otse tänaval ära ehted, kuna need ületasid tema seisusele lubatud piiri.“

TIIT KÄNDLER

INIMENE OTSIB KVANTMAAILMAST ISEENNAST

Kirjutades kvantmaailmast tavalugejale, kiputakse seda nimetama veidraks. Justkui oleks tegu veiderdava laadapalaganiga kvantosakeste esituses. Kvantmaailma mõistmiseks on välja mõeldud mitmeid tõlgendusi. Niels Bohri Kopenhaageni koolkond tuli lagedale oma hämara filosoofiaga, sakslased pakkusid välja midagi ratsionaalsemat, Paul Dirac matemaatilisemat. Nüüdseks on jõutud välja paralleelsete universumiteni. Inimene lepib kvantmaailmaga, kui suudab end selle kommetega samastada. Kõige raskem on meil enese seest leida analoogi kvantpõimumisele.

Augusti lõpu Stockholmi ilm on ettearvamat. Kord paistab selges taevas päike, sealsamas hakkab puhuma külm tuul ning kallab sind üle vihmahooga, mis võib ootamatult raugeda soojaks hilisuve õhtuks. Linna lääneosa pikki tänavaid palistavad ootamatult muutuva arhitektuuriga hooned. Siin on vaimustavat ümaravormilist juugendit, mille vahele on end sättinud rahustavate proportsioonidega kaine funktsionalism. Pähe tikub võrdlus kvantmaailma näilise ennustamatuse ja veidra vaheldusrikkusega, eriti kui kõnnid Stockholmis kilomeetrite kaupa põhjasuunas kuningliku tehnikainstituudi poole, kaljuküngastest üles ja alla, ning mõtled seal toimuva Põhjamaade teoreetilise füüsika instituudi NORDITA korraldatud kvantteooria seminaril kuulduist ning ülikooli laborites nähtust.

Kuulsa Taani kvantfüüsiku Niels Bohri eestvõttel 1957. aastal asutatud, ent nüüdseks pärast Taani loobumist Rootsi kolinud kvantfüüsika keskuse korraldatud augustilõpu seminaril osalevate teadusajakirjanike, -kirjanike ja kvantteadlaste ühine arvamus oli, et kvantmaailma lugejale-kuulajale-vaatajale mõistetavaks teha on omamoodi hookuspookus. Kuid minul tekkis lootus selle trikiga hakkama saada,

kui kuulsin ja nägin, kuidas viimastel aastatel on kvantnähtuste uurimine, aga ka gravitatsiooni ja kvantmaailma siduvate mustade aukude olemuse uute palgejoonte avastamine kolinud ülikallistest osakeste kiirenditest ja kosmoteleskoopidest laborilauale üles seatud katseseadmetesse.

Maailm avaneb läbi inimese enese

Paratamatult püüab inimene maailma mõista läbi iseenese. Teadusliku rangusega tegi seda esimeste seas René Descartes 17. sajandi esimesel poolel. Ta jõudis järeldusele, et teab maailmast vaid läbi iseenese. See tähendab, et kõik, mis ta tõeliselt teab, on teadmine tema enese kohta. Ja see teadmine tuleb läbi mõtlemise. Siit siis „mõtlen, järelikult olen“. Vaim ja keha on teineteisest lahutatud, neid saab siduda ainult Jumal. Inimene sureb mitte sellepärast, et vaim lendab minema, vaid sellepärast, et keha sureb ja siis pole ka vaimul enam pikka pidu.

KVANTMAAILMA LUGEJALE-KUULAJALE-VAATAJALE MÕISTETAVAKS TEHA ON OMAMOODI HOOKUSPOOKUS.

Nõnda püüab inimene läbi enese mõista ka kvantmaailma. Ja kui ta seda ei mõista, siis nimetab veidraks, ehkki – kui kvantmaailmal oleks viitsimist, nimetaks ta inimese käitumist veidraks. Niisiis pole olemas absoluutset veidrust, mis sest, et füüsikud on sellenimelise osakeste omaduse välja mõelnud ja ka ära mõõtnud.

Kvantmaailma veidrateks nimetatud nähtuste seas on laialdasemalt tuntud selle maailma tõenäosuslik olemus, mida näitab edukalt üks maailma loomstaare Schrödingeri kass. Lähenedes asjale kvantmehaaniliselt, on kass, kes on suletud kastis, milles on aatomi juhusliku lagunemise peale avanen mürgianum, nii surnud kui elus – meil pole võimalik ennustada, mida näeme, kui kasti avame. Sellest võib ju inimene kuidagi aru saada.

Ka sellest võib aru saada, et me ei saa mõõta ülitäpselt nii osakese kohta kui ka kiirust ühekorraga. Hästi. See teadmine tuleb lõppude lõpuks alla neelata, tõsi – varjates solvumist, et leidub infot, mis jääbki inimese eest varjatuks. Jube lugu küll, inimene ei olegi kõikvõimas kõiketeadja!



FOTOD: TIIT KÄNDLER

Põhjamaade teoreetilise füüsika instituut NORDITA töötab Stockholmi põhjaosas asuva kuningliku tehnikainstituudi linnakus möödunud sajandi alul ehitatud majades.

Sedagi, et footon käitub kord nagu laine, siis jälle nagu osake, on võimalik inimlikult mõista – inimese elu kipub olema klassikaline Robert Louis Stevensoni doktor Jekylli ja mister Hyde'i lugu, mida elades muudame olenevalt olukorrast oma iseloomu. Meil pole mingit ühte ja ainsat iseloomu. Oleme kõik üksjagu kahepalgelised – ja see on veel hästi; inimene käitub loogiliselt nagu arvuti, nulli ja ühe vahel hüpates oma tegevust programmeerides ning selle järgi tegutsedes.

Kuid kvantmehaanikal on üks hiljem avastatud ja vähem teada olev ning peaaegu ilmvõimatuna näiv omadus, mis kuidagi inimese pähe ega südamesse ei mahu. See on mittelokaalsus. Me oleme nüüdseks nõustunud Einsteiniga, et mis tahes mõju kahe asja vahel ei saa levida valgusest kiiremini. Olgu siis nii, mis seal ikka. See on põhjus, miks tavamaailm on lokaalne, see tähendab, et kaks aineosakest suhtlevad omavahel silmapilkselt üksnes siis, kui need on teineteise kukil. Kvantmaailmas nõnda ei ole. Kui kaks kvantosakest on omavahel kord juba ühenduses olnud, siis vii need üksteisest nii kaugemale kui tahad, mingi müstiline seos jääb nende vahele aegade lõpuni. Kui muudame ühe seisundit, muutub ka teine. Kui muudame Tallinnas oleva osakese seisundit, saame teada New Yorgis oleva osakese seisundi. See on juba asi, millega ei saa inimene üleüldse leppida. Einsteingi ei leppinud surmatunnini. Bohr vaid udutas selle üle, nagu tal filosoferimisel kombeks oli.

Seda veidrat nähtust nimetavad kvantfüüsikud kvantpõimumiseks.

Kvantpõimumine tähendab seda, et kaks footonit, mis on olnud omavahel ühenduses – näiteks kiiratud üheskoos välja mõnest aatomist – jäävad ühendusse ka siis, kui on lennanud universumi eri otstesse. Nagu öeldud, Albert Einstein ei suutnud seda tõsiasja taluda ja püüdis oma mõtteliste katsetega ümber lükata. Nüüdseks on kvantpõimumine tõestatud.

Viini ülikooli kvantteaduste ja -tehnikakeskuse Aspelmeieri rühma teadlane Rainer Kaltenbaeck tõi oma loengus kvantpõimumise kohta naljaka paralleeli suurest maailmast. Te haarate pärast lennureisi pagasilindilt oma kohvri ja tõttate koju. Kodu avate kohvri ja näete, et see ei ole teie kohver – asjad selle sees on kellegi teise omad. Sellest tõsiasjast saate teada, mis asjad on tundmatu kaasreisija käes olevas teie enese kohvris. Teave kahe kohvri seisundi kohta on põimunud, kui kaugel need kohvrid ka üksteisest ei asuks.

Ameerika kvantfüüsik,

New Yorgi Union College'i professor Chad Orzel, kes on avaldanud raamatu „Kuidas õpetada kvantfüüsikat teie koerale“, tõi sellise näite. On kaks koera. Kui nad elavad eraldi asuvates majades, siis võib üks neist magada, teine mitte, ja vastupidi. Samas võivad nad olla koos ärkvel ja koos magada. Kokku on kahekoeralisel süsteemil seega neli olekut. Kui aga koerad elavad ühes majas, siis on vaid kaks võimalust: nad kas mõlemad magavad või mõlemad on ärkvel, sest kui üks magab ja teine on ärkvel, siis äratatakse ühele, et mängida. Maja koertega on justkui kvantmaailm. Nähes ühte koera, saame öelda, kas teine koer magab või on ärkvel.

Kvantmaailm ei ole taandatav

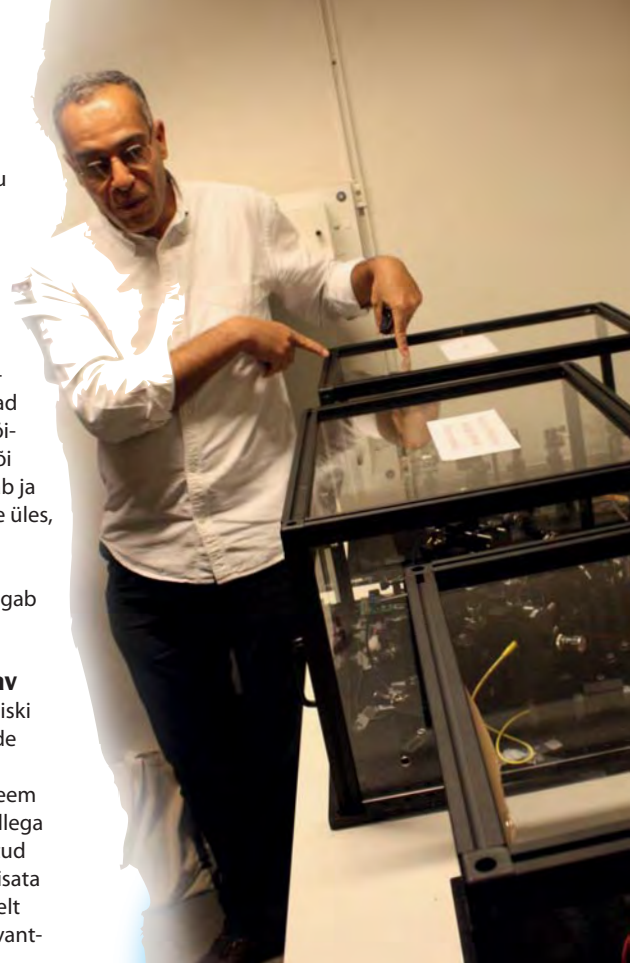
Olgu tõlgendus milline tahes, mitte miski võim ega vägi ei suuda mingite nippide abil eales kvantmehaanika ennustusi reprodutseerida. Seda ütleb Belli teoreem ja sellises maailmas me elame ning sellega tuleb leppida. See 1982. aastal tõestatud teoreem ütleb meile, et pole mõtet raisata jõudu selle peale, et püüda klassikaliselt ehk siis inimesele arusaadaval moel kvantmehaanikat esitada. Kvantmehaanika on mittelokaalne. Pole olemas mingeid varjatud muutujaid, mis teeks selle lokaalseks, meile tuntud maailma sarnaseks.

Viini ülikooli koolkonna värvikaks juhiks on Viini ülikooli professor Anton Zeilinger, kelle rühmal muude oluliste katsete seas õnnestus korduvalt mõõta kahe teineteisest 144 kilomeetri kaugusel asuva footoni kvantpõimumine kahe Kanaari saare vahel.

Teisalt püüavad laiahaardelised Viini kvantfüüsikud siirduda satelliitidele, et nanomöötmes klaasosakestel näha laine-sarnast liitumispilti ehk interferentsipilti. „See on piisavalt hull mõte, et võib öelda,“ kommenteeris Orzel.

Olgu kvantmehaanika alaste katsete tulemused millised tahes, küsimus on tõlgenduses, mis lõppkokkuvõttes taandub küsimusele, kas reaalne maailm on olemas või tekib see alles vaatleja olemasolul. Või on olemas hulk paralleeluniverseid. „Osakestel pole mingeid omadusi, enne kui me neid mõõdame,“ kinnitas Markus Aspelmeier veendunudult, kui ma

2007. aastal Viini ülikoolis Anton Zeilingeri laboratooriumi külastasin. „Pooldan tõlgendust, mis ei kasuta mingeid eeldusi, mis pole ilmtingimata vajalikud. Nagu paljude maailmade hüpoteesi seda näiteks on. Multiversumi idee on vaid matemaatiliselt mugavam. Kuid mina sellesse



Stockholmi ülikooli füüsikaosakonna professor Mohamed Bourennane näitab, kuidas Alice ja Bob omavahel saavad põimunud footonitega saata salastatud sõnumeid. Eksperimentaaltehnika on edenenud nõnda kaugemale, et kvantpõimumist saab uurida ka laborilaul.

ei usu,“ ütles Zeilinger mulle 2007. aastal Viinis.

Möödunud aastal Austria teaduste akadeemia presidendiks valitud Zeilinger viitas ühele teisele kuulsale viinlasele, filosoof Ludwig Wittgensteinile: „Info on see, mida võib ütelda. Ja me ütleme alati millestki. Nii et see on tõepoolest seotud keelega. Kus on aga piirid, mida võib ütelda, ja kus on reaalsuse piirid? Keele piirid on maailma piirid, nagu Ludwig Wittgenstein ütles.“ Pole siiani leitud viise, kuidas tõestada, milline on maailm, milles elame. Kuid see pole ometi põhjus, miks elame ärevas maailmas nagu Stockholmi metroo keskjaam, kus igat värvi ja sugu inimesed karjuvad, tõuklevad ja vahivad teid, nagu tahaks alla neelata. On võimalik taanduda universumi äärealale ja väljuda Thorildsplani peatuses. On pime ja vihmane, ent soe ja hea. ●



TEADUSE UNIVERSUM

„Teaduse universum“ on rubriik, kus teaduskirjanik Tiit Kändler kirjutab, kuidas teadus märkamatul moel on põimunud meie ajalukku ja tänapäeva.

KUI KAKS KVANTOSAKEST ON OMAVAHEL KORD JUBA ÜHENDUSES OLNUD, JÄÄB MINGI MÜSTILINE SEOS NENDE VAHELE AEGADE LÕPUNI.

INJU PAAS

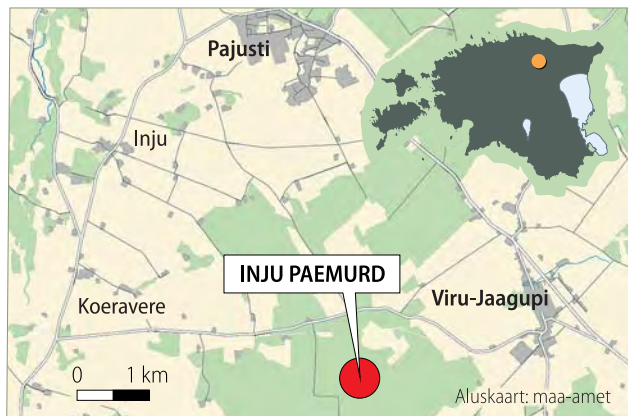
Dolomiidistunud kaaneliiv Ordoviitsiumi ning Siluri piirikihtidest

Ordoviitsiumi ja Siluri ajastu piiril toimus lõunapoolusel paikneval Gondwana ürgkontinendil üks Maa ajaloo ulatuslikumaid mandri-jäätumisi. See põhjustas maailmamere pinna üldise languse kuni 140 meetrit, mõjutades omakorda setteprotsesse ka troopikas paiknevas Baltika ürgmandri madalmeres. Põhja-Eesti paes esindavad seda perioodi Porkuni lademe Ärina kihistusse kuuluvad paekihid, teiste hulgas Inju paas.

Ainulaadseks teeb Inju pae eeskätt savivaesus, peeneteralisus ja kihindi paksus – rohkem kui kolm meetrit ühtlast kivimit. Inju paas on ka ainus nii erksalt kollane paerim Eestis. Kivimi kollane värvus tuleneb selle kihindi ühtlasest porsumisest ehk keemilisest murenemisest kogu ulatuses, sest kihind paikneb tervikuna põhjaveest kõrgemal. Seetõttu on Inju paasi läbivad tektoonilised lõhed ka tugevalt karstunud, mis hõlbustab selle kaevandamist.

Võrreldes eelnevas numbris jutuks olnud Rägavere ja Saunja paega on Inju paas settinud suhteliselt kiiresti ning oluliselt madalamas meres, teisisõnu – võõndis, mida iseloomustab püsiv lainetus, põhjustades sette teralise materjali peenenemise, sorteerimise ja savi väljapesemise.

Inju pae head ehitusomadused ja ilmastikukindlus tulenevad esialgselt lubjakivina tekkinud pae lausdolomiidistumisest. Tõsi, see on suuresti kustutanud kivimi settimisaegse siseehituse, mille järgi – kihiti esinevat laus-peendetriitset jääkstruktuuri,



INJU PAAS ON:

- erksalt kollakas- või helepruunikas-hall,
- ühtlaseilmeline,
- peendetriitne,
- peenpoorne,
- paksupangaline (monoliitide paksus murdmisel 0,4–1,2 m),
- vähese savisisaldusega,
- kõva ja ilmastikukindel ehitusdolokivi.

hajusat jämedamat vetikate ja mere-liiliate detriiti, harva ka suuremate varrelülide kuhjumeid – võib siiski märgata ka kõrvalolevatel fotodel.

Inju paas paljandub seni teadaolevalt ainult Pandivere kõrgustiku põhjaosas Koeravere paekõvikul. Viimati murti siin ehituspaasi sada aastat tagasi, tsaariaja lõpukümnetel, mil seda hulgaliselt ka Peterburi eksporditi. Inju paast on Pandivere kandis ehitatud ridamisi hooneid, nende hulgas üks esinduslikumaid Eestis – Inju mõisahäärber.

Sadakond aastat lamas see hinnaline kivi kasutamata, kuni

tänavu asuti seda kvaliteetset paekivi Hillar Müüri algatusel taas kaevandama. Selleks eemaldati väikesel alal kõviku lael kohati üksnes 15–20 cm paksune pinnakate ja avati paeastang vana murru põhjani. Väga huvipakkuvaks osutus Inju paasi vahetult kattev ligi meetrine kihind – läätsjalt punased ja kollased mudalise põhimassiga kihiti savikad dolokivid merkivi vahekihtidega. Kõviku lael paljandub Tõrevere-tüüpi rifflubjakivi, mis käesoleva loo autorite üllatuseks ei ole dolomiidistunud (tavaliselt on just rifflubjakivi see, mis dolomiidistub esimesena). Selle lubjakivi pealispinnal võib näha selgeid mandrijää kulutusjälgi: ümaraks lihvitud lamedaid kühme ja ühes suunas orienteeritud kriime.

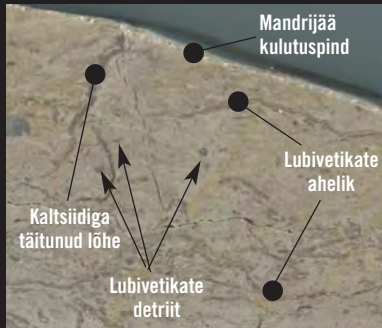
Tänavu avatud paljandist pärinevad ka kõik selle artikli fotod ja kiviminäited, mille tekkeloos eripära ja stratigraafilise asendi kohta on autoreil endilgi hetkel rohkem küsimusi kui vastuseid. Senised vaatlused lubavad Inju paasi esile tõsta Ärina kihistu koosseisu kuuluva iseseisva Inju kihistikuna. ●



REIN EINASTO

Inju paasi katvad kihid avatud astangul Koeraveres. Aat Sarv hoiab piirikivi rifflubjakivi alumisel piiril. Mõõdulindi pikkus on 1 meetr.

INJU PAASI KATVAD KIHID



Tüüpiline mudalise põhimassiga riff-lubjakivi, tõenäoliselt Tõrevere kihistik.



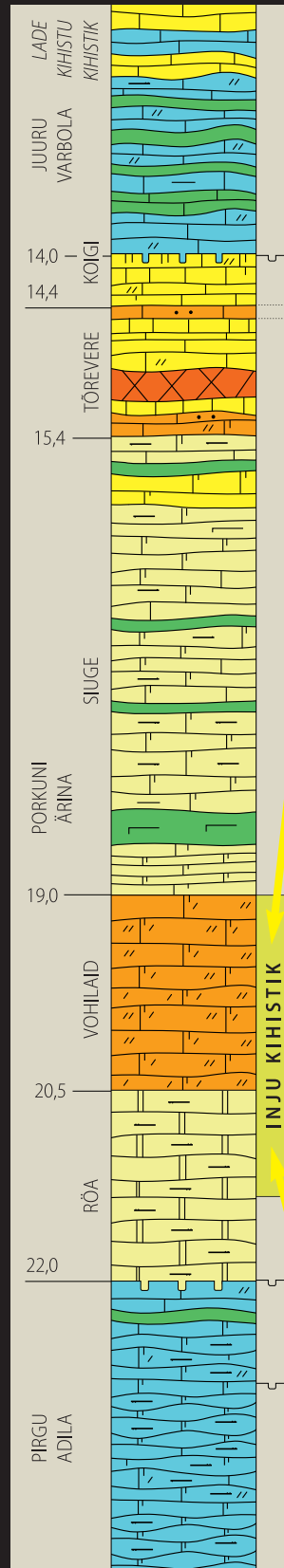
Halli riff-lubjakivi ja punase dolokivi piirikihid, tõenäoliselt Tõrevere ja Siuge kihistiku piir. Rohked okslikud korallid, vetikad ja mereliiliate varrelülid punases dolomiidistunud kivimis ei ole dolomiidistunud, nagu oleks tavaline. See viitab kõnealuse kihi dolomiidistumise mingile seniteadmata eripärale.



Punase ja kollase dolokivi piirikihid, tõenäoliselt Siuge kihistik.



Kollane mudaline dolokivi, tõenäoliselt Siuge kihistik.



Paekihid Kerguta puursüdämi järgi

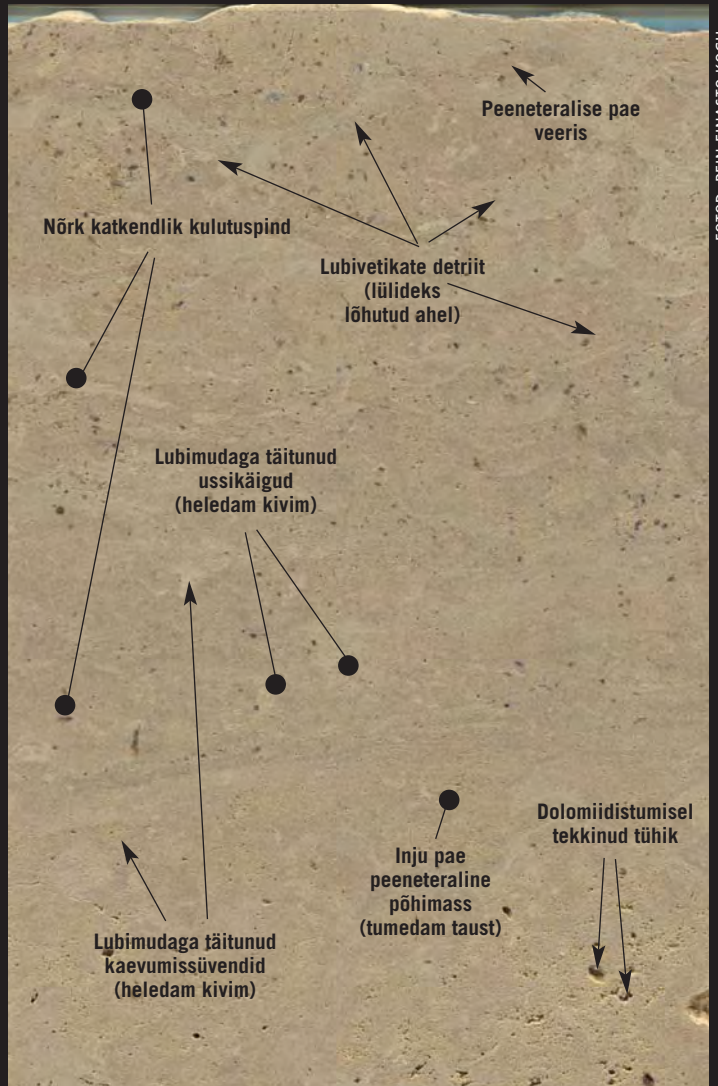
AUTORITEST

REIN EINASTO, Tallinna Tehnikakõrgkooli emeriitprofessor, Paevana.
AAT SARV, Tallinna Tehnikakõrgkooli assistent, geoturismi magister.

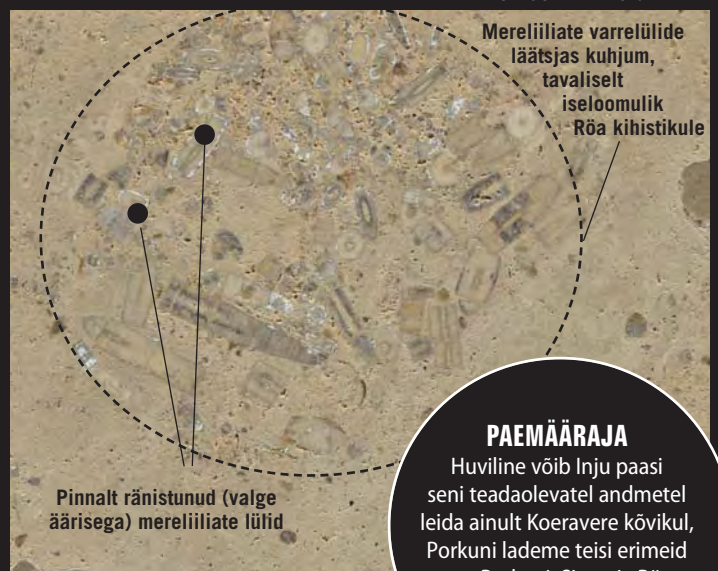
INJU PAAS

Porkuni lademe Ärina kihistu Inju kihistik
Tekkeaeg: 445 miljonit aastat tagasi

VERTIKAALLÕIGE



HORISONTAALLÕIGE



PAEMÄÄRAJA

Huviline võib Inju paasi seni teadaolevatel andmetel leida ainult Koeravere kõvikul, Porkuni lademe teisi erimeid aga Porkuni, Siuge ja Rõa paemurrus ning Vohilaiul.



PEETER LORENTS

VAENLANE VALGUSKAABLI

autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

EHK MIDA ARVATA KÜBER- KAITSEST

Küberkaitsest, küberrünnakutest ja kübersõjast räägitakse viimasel ajal palju, peetakse konverentse, kirjutatakse artikleid, asutatakse keskusi. Eestist on saanud küberkaitse alal autoriteet. Samuti on Eesti üks esimesi riike maailmas, kus kõrgkoolides küberkaitset teadusainena õpetama hakati. Õnneks ei ole tänaseni ühtegi arvutitevahelist sõda veel peetud, ette on tulnud üksnes ulatuslikke rünnakuid. Samas on suure sõja oht üha reaalsem. Mis see siis on, millest nii palju räägitakse, mida kardetakse, milleks valmistatakse?

Käis Teine ilmasõda, kui lennukite kiirus kasvas juba nii suureks, et õhutõrjerelvade tule tõhusus hakkas muret tegema. Nimelt ei suutnud inimene enam piisava nobedusega oma torusid suunata sinna, kus pidanuks kokku saama sihikul nähtav lennuk ja selle tabamiseks välja lastavad kuul või mürsk. Kiirust aga ei piisanud, kuna aega jäi väheks. Kasutatava ajanatukesega polnud inimesel võimalustki, et lennuki (nähtavast) liikumise suunast ja kiirusest lähtudes oma peaga välja arvestada selle punkti koordinaate, kuhu tulistada, aga kus lennukit tulistamise hetkel ju veel polnud.

Kaitsest see algaski

Sealt hakkas liikuma mõte, kuidas inimese osaluseta kokku sobitada järgmised asjad:

- radaripilt,
- arvutused lennuki eeldatava edasiliikumise prognoosiks ning
- tõrjetule andmiseks vajalikud relvatoru suund ja tule avamise aeg.

See oli tõesti oluline teema, mille teoreetilise külje pidi klaariks tegema matemaatik Norbert Wiener (1894–1964), keda edaspidi hakati kutsuma küberneetika isaks. Huvitav on siinkohal meenutada, et „probleemse liikumise” uurimisega oli Wieneril varemgi tegemist. Nimelt näitas Wiener, et kui Browni liikumist (nt õietolmu tera-

kese ekslemist veetilgas) saaks jälgida kui tahes kaua, siis kujuneks selle liikumise trajektooriks säärane joon, mis on veidral kombel pidev, kuid nii lõputult sakiline, et sellel pole mitte üheski punktis puutujat. Seetõttu pole eriti häid võimalusi (nt puutuja suunale tuginedes), et jälgitava liikumise senise kulgemise alusel nõutava täpsusega ette määrata, kuidas see jätkub, sh kus võiks asuda meie poolt jälgitud kehake mingil järgneval hetkel. Vaenlase lennukil on aga mainitud kehakesega tähelepanuvääriv sarnasus: jälgija ju ei tea, kuidas otsustab piloot järgneval hetkel edasi liikuda. Samas – erinevalt Browni liikumisest – ei saa piloot ka liiga järske taevaseid jänesehaake teha. See annab enam lootust selleks, et võimalikult suure tõenäosusega välja rehkendada lennuki järgnev asukoht (kuhu siis aegsasti oma „tervitused” ette läkitada). Nimetatud arvutus on aga nii mahukas ja peab kulgema nii kiiresti, et inimene sellega enam hästi toime ei tule. Seega on vaja sobivaid arvuteid ning tarkvara.

Niisugune oligi küberneetika ehk tänapäeval pisut üldisemalt öelduna – IT-valdkonna üks sünnilugu. Sedapuhku siis sõjaline ehk poliitkorrektsemalt – kaitsealine. Ja kuigi eelkirjeldatu raames pole veel sugugi tegu küberkaitsega, võib siiski öelda, et tegu oli kaitseküberiga ehk siis kaitsega, mida realiseeritakse küberneetika toel.

Küberkaitsest leiliruumis

Mõned päevad tagasi – enne käesoleva loo kirjutamist – toimus Saunamaailma kaupluses üks asjalik kõnelus. Müüa selgitas, mis võimalusi on tänapäeval elektrikerise töö suunamiseks. Jutt algas tavalisest temperatuuriregulaatorist ja taimerist. Edasi tuli jutuks juba nn pult. Peenemal puldil ilmselt sees juba pisike arvuti, mis olukorda jälgib ning saunaliste soovi kohasena hoiab. Aga see polnud veel kõik! Asju saavat ka (nuti)telefoniga ajada. Näiteks oled rattasõidul või suusarajal, kui meenub, et saun jäi sisse lülitamata. Juhtub. Võtad aga taskust telefoni ja helistad saunakerisele. Annad teada, millal ja kui kuuma leili vaja läheb. Kusjuures kõik toimib, väitis müüja. Paraku sellest lõbust keeldus ostja otsustavalt. Üllatunud müüjale tuli selgitada tänapäevaste küberrünnete teostamise võimalusi, mida kasutades võib mõni vihamees või lihtsalt lõbuhimuline pätt sulle sellise sauna kütta, et oi-oi-oi ...

Tänapäevased küberkodud on suuremal või vähemal määral kõik küberohus. Teisisõnu võib IT- ja telekommunikatsiooni vahendite abil igasu-

gust kahju tekkida ning tahtlikult tekitada. Seetõttu – naljakas või mitte – ka kodu nõuab küberkaitset! Selle mõistmiseks aga tuleb pisut selgitada küberohtude olemust. Nii neid, mille taga kellegi kuri tahe, kuid ka selliseid, mis n-ö ise ilmnevad.

Milles see „küber” õigupoolest seisneb?

See vajab pisut selgitamist. Muidu on ju igati peen kõnelda kõiksugu küberasjadest, küberneetikast küberkaitseni, aga ikka on hää, kui pisut enam teame, millest kõneleme, kuulame, kirjutame või loeme. Seejuures tuleb leppida tõsiasjaga, et ajapikku mõistete tähendus ja kasutamine muutub. Ega tänasel päeval eriti palju tugineta sellele, et küberneetika all mõeldi algselt teadust, mis uurib juhtimist ja sidet masinates või elusolendites. Kõneldes asjadest, mille nimetamine algab eesliitega 'küber' (nagu näiteks küberrünne, küberkurjategija, küberkaitse jms), mõeldakse valdavalt seda, mis seostub arvutite ning nende rakendustega.

Seejuures pole veidral kombel sugugi kohe tekkinud üksmeelt selle osas, milline peaks olema n-ö kõigile

Tänapäevased küberkodud on suuremal või vähemal määral kõik küberohus. Seetõttu nõuab ka kodu küberkaitset!

sobiv määratlus ühele või teisele kübervärgile. Nii näiteks käis veel mitmeid aastaid pärast NATO otsust rajada endale Kollektiivse Küberkaitse Kompetentsikeskus tõsine diskussioon selle üle, mida ikkagi kujutab endast küberkaitse ja kuidas tuleks seda defineerida. Definitsiooni peale käega löömine pole aga sugugi tark tegu. Kas või seepärast, et NATO liikmesriikide raamatupidajad ning teised tähtsad rahakulutamise jälgijad tahavad, lausa nõuavad selgitusi (selgelt kirja pandaval ning arusaadaval viisil), et mis on see, mille peale raha küsitakse ja äragi kulutatakse.

Võib ju tunduda, et probleemi pole – tulge kokku, kel vaja, vaielge pisut ja pange kirja, et näiteks küberründeks nimetame seda, küberkaitseks aga toda. Paraku selgub, et küsimus pole mitte ühes või teises üksikmõistes



NATO küberkaitse koostöökeskus Tallinnas.



Küberharjutus ja selle jälgimine. Vasakult teine on kindral Hollander, kes siis, kui küberkaitsekeskuse loomise projektiteeskond oma tööd alustas, ütles asjaosalistele oma kabinetis, et tema isiklikult toetab seda ettevõtmist kakssada protsenti.

(mille puudumine raamatupidajaid ning finantsinspektoreid tõsiselt nuputama sundis), vaid terves mõistete süsteemis. Niisuguses süsteemis, kus kõik asjakohased mõisted on nõndaviisi määratletud, et need määratlused üksteisega kokku sobiksid, st et poleks ebaselgust ega vasturääkivusi.

Kõnealuse süsteemi kujundamiseks algas suur ja keeruline töö, sh ka asjakohane teadustöö, millega tegeleti korraga mitmes NATO institutsioonis, nagu näiteks Hollandis Haagis paiknev NATO konsultatsiooni-, juhtimis- ja kontrolliagentuur (*Consultation, Command and Control Agency*, lühemalt NC3A) ning Tallinnasse rajatud NATO küberkaitse koostöokeskus (*Cooperative Cyber Defense Centre of Excellence*, lühemalt CCD COE) ja veel paljud-paljud teised. Vahepeal tuli luua ning tööle panna lausa eraldi töörühm, mis pidi sellesisulised tegevused ja tulemused kolme aasta vältel kokku koguma ja võimalikult ühtseks tervikuse kujundama. Nimeetatud mahuka materjaliga tegelemine (st loomine, kokkusobitamine, süsteemi sättimine jms) nõudis, nagu eespool juba mainitud, paratamatult ka asjakohast teadustööd, sh sellist,

mille raames valmisid mitmed tõsised teaduspublikatsioonid, magistri- ja doktoritööd. Just küberkaitse mõistete süsteemi loomise alal tuleks esile tõsta NATO küberkaitse koostöokeskuses teostatud ning Tallinna Tehnikaülikoolis doktorikraadi vääriliseks hinnatud Rain Ottise uurimust „*A Systematic Approach to Offensive Volunteer Cyber Militia*” (Vabatahtlikud küberründegrupid: süsteemiteoreetiline vaade), eriti selle teist ja kolmandat osa.

Jättes siinkohal kõrvale paljude oluliste mõistete (täppis)teaduslikud definitsioonid, lepime kokku, et eesliidet 'küber' kasutame antud populaarteadusliku kirjutise raames siis, kui soovime esile tõsta seotust arvutite ja nende rakendamisega. Neile, kes tahaksid selles osas näha täpsemat esitust, võiks soovitada avalikult kättesaadavat infot näiteks NATO küberkaitse koostöokeskuse või konsultatsiooni-, juhtimis- ja kontrolliagentuuri kodulehekülgedelt. Samas üritame käesolevas kirjutises aegajalt üht-teist ikkagi selgitada ja lihtsamal juhul isegi määratleda, lähtudes seejuures äsjaesitatud kokkulepest eesliite 'küber' kasutamise kohta.

Pisut küberrünnetest

Küberrünnete liike on äraarvamata palju. Ühe artikli raames pole lootustki neid kõiki kirjeldada. Tinglikult võime neid jaotada kaheks: ühes kogumis on tegu selliste rünnetega, mis seostuvad mingi lubamatu asjatoimetusega teie arvuti ehk arvutisüsteemide sees; teisel juhul tehakse n-ö väljas midagi, mis häirib või lausa ei võimalda teie arvuti (või süsteemide) kasutamist.

Oletame näiteks, et teenite endale elatist, andes arvuti abiga nõu, ütleme, et õiguslike või siis finantsprobleemide lahendamiseks. Kui keegi tahaks teie tegevust peenelt ja teid eriti häbistaval viisil häirida või lausa päris ära nullida, siis võiks ju teie töökeskkonda näiteks läbi interneti või nakatatud mälu pulga vms abil sisse tungides muuta teie klientidele antavaid vastuseid või saata neid valedele adressaatidele. Kui mõnda aega nii toimetada, on teie maine üsna rikutud ning mitte keegi ei söanda enam eksperimenteerida teie „soovituste” kohaselt (sest nagu pettunud kliendid kõikjal kõnelevad – ajate ju alatasa kõik sassi, soovitate tont-teab-mida jne). Niimoodi kaotate



ERAKOGU



SCANPIX

Rain Ottis, kes on teinud ära väga vajaliku töö küberkaitse mõistete süsteemi aluste loomiseks.

MIS ON MIS



KÜBERINTSIDENT – sündmus, mis põhjustab lubamatuid kõrvalkaldeid IT-süsteemide (või nende koostisosade, nagu nt süsteemis sisalduva info, tarkvara, väärtvara vms) ülesehituses või toimimises.

KÜBERRELV – IT-le tuginev süsteem, mis on loodud selleks, et kahjustada teiste IT-le tuginevate süsteemide ülesehitust või toimimist.

KÜBERRÜNNE – küberrelvade või küberrelvadena kasutatavate IT-süsteemide ulatuslik rakendamine mingite teiste IT-süsteemide vastu, sihiga kutsuda esile küberintsident.

KÜBERKONFLIKT – küberrünnete kasutamine poliitiliste eesmärkide saavutamiseks.

KÜBERSÕDA – riikidevaheline küberkonflikt.

Kübertahandid võivad muuta ka tühiselt väikesed inimrühmad (isegi üksikisikud) väga võimekaks, kui on tarvis midagi purustada või oma tahte kohaselt toimetama panna.

olemasolevad kliendid, kusjuures uusi selles olukorras vaevalt juurde tuleb. Muidugi mõista saab teid ka lihtsamal viisil kiusata, kustutades või muul viisil rikkudes teie arvutis kõike, mida vähegi annab. Või siis toppida iga väiksemgi vaba nurk tarbetut pahna nii täis, et tarvilike andmete kasutamiseks pole lihtsalt ruumi.

Kiusamise asemel võib aga kellegi teise arvutit hoopis oma asja ajamiseks pruukida. Näiteks nii, et kasutada interneti abil võõra arvuti ressursse mõne oma suuremahulise töö osade teostamiseks. Üheks oma töö liigiks on võõra arvuti sundimine mingisse n-ö kolmandatesse arvutitesse kirju saatma. Oma asja ajamine on ka see, kui keegi võõrast vara endale võtab. Näiteks nii, et jälgib, kuidas kulgeb ohvri suhtlemine pangaga (mis paroole, koode jms kasutatakse) ja seejärel asub ohvri nimel tema raha võõrale kontole kantima, kust see omakorda veel ja veel kuhugi edasi liigutatakse nõnda, et pea võimalatu on jälgida, kuhu lõpuks jäljed välja viivad ja kuhu see pihta pandud raha ikkagi jõuab.

Need olid siis näited sedalaadi kurjast, mida saadetakse korda, kui õnnestub kellegi arvutisse n-ö sisse tungida. Kuid palju halba saab korda saata ka väljaspool ründe ohvri arvutit. Üheks lihtsamaks, aga mitte sugugi vähetõhusaks võtteks on seejuures ohvri arvutini viivate sidekanalite umbe ajamine. Näiteks nii, et ohvrile saadetakse sõnumeid koguses, mida pole kuidagi võimalik läbi sirvida, et aru saada, millele tuleb vastata, millele mitte. Mõnevõrra on see tehnoloogia sarnane pahatahtlike liiklusummikute tekitamisega (näiteks mingite meelevaelduste, streikide vms raames), kus teatavatele teedele-tänavatele sõidutatakse kokku nii palju

masinaid, et keegi ei pääse enam liikuma. Ei edasi ega tagasi.

Ülalkirjeldatu on jämedates joontes pärit sellest vallast, kus kellelegi kahju tekitamiseks askeldatakse ohvri arvuti sees või selle ümber mingite teiste arvutite toel. Niisugusel juhul on eesliide 'küber' kohane iga suuna pealt vaadatuna: nii kahjustatu kui ka kahjustaja poolel olid mängus arvutid. See aga ei pea alati nii olema!

Füüsiline rünnak, füüsiline kahju

Tõepoolest – mingit arvutit või arvutisüsteemi saab rivist välja viia ka füüsilisi vahendeid kasutades, nagu näiteks tuli, vesi, plahvatustega kaasnev mehhaaniline purustamine, kuid samuti näiteks nn suunatud elektromagnetiline impulss. Viimane kaasneb n-ö loomulikul viisil (ka üsna tagasihoidliku) tuumaplahvatusega, läheduses sisse löönud välgunoollega või kui rakendatakse tööle mõni kaval kohvrike, mille sees väike, kuid vägev elektrienergia allikas, ning seadmed kitsa koonuse piirides leviva, kuid vägagi suure energiaga elektromagnetilise laine tekitamiseks. Niisuguse laine mõjualasse jäävad elektroonika komponendid hävivad või muutuvad kasutuskoõlbmatuks. Seejuures hävib ka kõik, mis salvestatud elektromagnetiliselt (nt mälu kristallides paiknevate aatomite elektronkihtides). Sellest aga piisab, et arvuti prügimäele saata.

On aga olemas ka n-ö vastassuunaline võimalus: kasutada arvuteid selleks, et sünniks üldisem füüsiline kahju. Näiteks nii, et korregeeritakse, ütleme, elektrijaamas turbiinide juhtimiseks kasutatavate arvutite tarkvara ning mingeid etteantud parameetreid (nt turbiinis toimuva pöörlemise nõuetekohast kiirust). See, kes teab, võib ju välja uurida, milline on turbiini omavõnke sagedus ja paluda juhtarvutil viia pöörded võrdseks vastava sagedusega. Tagajärg tuleb üsna nobedasti: nimetatud sageduse korral hakkab kogu seadeldis ühes rütmis kaasa rappuma, kuni lõpuks muljetäratava prahvakaga pea hetkeliselt laiali laguneb. Muide – enam-vähem nii lõhuti ära Iraani tuumaprogrammi raames tööle rakendatud tsentri-fuugid, mille abil eraldati tuuma-reaktsiooniks sobilikke aatomeid.

Kokkuvõttes saame küberrünnete iseloomu esialgsele liigitamisele (arvutite sees tehtav, väljaspool arvuteid tehtav) lisaks veel ühe liigitamise viisi:

- ühtede arvutite abil tehakse lubamatut teistes arvutites,
- füüsiliste vahenditega tehakse lubamatut arvutites,
- arvutite abil tehakse lubamatut füüsilistes vahendites.

Siinkohal meenutame selle lõigu alguses öeldut, mille kohaselt on küberrünnete liike nii palju, et kõik need liigid ning paraku ka liigitamise viisid ei saa olla isegi üsna pealiskaudselt kirjeldatud vaid ühe populaarteadusliku kirjutise raames. Samas aga tuleb küberkaitsega tegelejatel paratamatult hoolega uurida seda, mis olukorras, milliseid arvuteid (arvutisüsteeme), mida ja kuidas kasutades ründatakse, et saavutada midagi lubamatut (nt hävingut).

Lühidalt – kaitsevõimekust ei saa arendada ründevõimekuseta

Paraku ilmneb, et tegu on n-ö poliitiliselt delikaatse teemaga. Tõepoolest – väga vähe on maailmas neid jõude, kes sõnaselgelt määratlevad end ründajatena (nagu näiteks kesk-aegsed õige usu levitajad ning paganluse väljajuurijad). Enamik kõneleb olenemata sellest, mida tegi, teeb või teha kavatseb, et kaitseb üksnes ennast või liitlasi või rahvusaaslasti või rõhutuid või abivajajaid (nagu näiteks Vene Föderatsioon Gruusia või Ukraina kallal käies) või üllaid ideid või õiget usku jne. Ei mingit ründamist, ainult kaitset!

Selle poliitkorrektsuse näokese helepuhtana hoidmisega tuli kokku puutuda ka siis, kui oli vaja paika panna NATO kollektiivse küberkaitsekeskuse tegevussuunad. NATO olevat ju loodud ainult selleks, et kaitsta liikmesriike. Kuidas siis niisuguses olukorras välja kuulutada, et tuleb ise arendada ründevõimekust selleks, et seda uurides välja selgitada, kuidas peaks kaitset üles ehitama. Ise sellepärast, et ei saa ju minna vaenlasi paluma, et olge nii armsad ja näidake meile, mis vahendid teil meie ründamiseks olemas ja tulemas on, ja kuidas te neid meie vastu kasutada kavatsete, et saaksime aegsasti oma kaitset ette valmistada. Muidugi said juhtivad sõjaväelased ja paljud ametnikud sellest aru, aga seejuures sisetati väga vaikselt (kes tülpinult, kes irooniliselt, kes kuidas), et paraku ... poliitikud, poliitika, meedia, ühiskondlik arvamus, valijate hoiakud, ees ootavad valimised jne. Nojah.

Samas oli isegi vahvale sõdurile

Suurimad riikidevahelised küberrünnakud



2002 kuni tänapäevani • Sihtmärk: **USA ja teised riigid**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **HIINA**

Operatsioon „Byzantine Candor”. Rünnakud USA ning vähemal määral ka teiste riikide sõjaväe- ja valitsusasutuste vastu. Varastatud on hulgaliselt konfidentsiaalseid andmeid.



Aprill–mai 2007 • Sihtmärk: **EESTI**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **VENEMAA**

Laiaulatuslik DDoS (Distributed Denial of Service) küberrünnak vahetult pärast Nõukogude sõduri pronkskuju eemaldamist Tallinna kesklinnast. Ligikaudu kaks nädalat kestnud rünnakute tagajärjel oli mitmete valitsusasutuste, pankade ja ajalehtede töö häiritud mõnest tunnist kuni mõne päevani.



Oktoober 2007 • Sihtmärk: **HIINA**
• Ründaja: ?

Hiina valitsuse teatel varastasid Taivani ja USA häkkerid hulga riikliku tähtsusega informatsiooni.



2007–2009 • Sihtmärk: **INDIA**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **HIINA**

Operatsioon „Ghostnet”. Rünnak saatkondade ja valitsusasutuste vastu, kaasa arvatud Tiibeti eksilvalitsus ning USA saatkond Indias.



2007–2013 • Sihtmärk: **paljud riigid**
• Ründaja: ?

Operatsioon „Red October”. 2013. aastal avastati, et Punase oktoobri nimeline arvutivirüs on varastanud andmeid paljude maailma riikide valitsusasutustelt, uurimisinstituutidelt ja firmadelt juba alates 2007. aastast.



August 2008 • Sihtmärk: **GRUUSIA**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **VENEMAA**

Küberrünnak toimus samaaegselt sõjalise konfliktiga Gruusia ja Venemaa vahel. Rünnaku tulemusena olid Gruusia valitsusasutuste kodulehed internetis mitu tundi rivist väljas.



Jaauar 2009 • Sihtmärk: **IISRAEL**
• Ründaja: ?

Rünnak Israeli internetivõrgu, sealhulgas ka Israeli valitsuse kodulehtede vastu. Rünnak sooritati koordineeritult vähemalt 5 miljonilt arvutilt. Israeli valitsus kahtlustas rünnaku tellijana organisatsioone Hamaz ja Hezbollah.



2009 • Sihtmärk: **USA**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **HIINA**

Operatsioon „Aurora”. Rünnak Hiina inimõiguste eest võitlejate ning USA tehnoloogiafirmade vastu. Saadi ligipääs inimõiguslaste e-kirjadele.



2009–2010 • Sihtmärk: **INDIA**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **HIINA**

Operatsioon „Shadows in the Cloud”. Rünnak India valitsusasutuste ja Tiibeti eksilvalitsuse vastu. Saadi ligipääs Tiibeti eksilvalitsuse kirjavahetusele ning India valitsuse salajastele dokumentidele.



Jaauar 2010 • Sihtmärk: **HIINA**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **IRAAN**

Organisatsioon nimega Iraani Küberarmee halvas Hiina populaarse otsingumootori Baidu töö ning suunas otsingumootori kasutajad Iraani propagandat sisaldavatele lehekülgedele.



2010 • Sihtmärk: **IRAAN**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **IISRAEL ja/või USA**

Operatsioon „Stuxnet”. Küberrünnak Iraani tuumaprogrammi vastu, mis lõi rivist välja kuni viiendiku Natanzi uraani rikastamise tehase tsentrifuugidest. Viirusega oli nakatunud umbes 100 000 arvutit.



Jaauar 2011 • Sihtmärk: **KANADA**
• Teadaolev või tõenäoline ründaja: **HIINA**

Laiaulatuslik küberrünnak Kanada valitsusasutuste vastu e-kirja manusesse peidetud viiruse abil. Varastati teatav hulk konfidentsiaalselt informatsiooni.



Juuli 2011 • Sihtmärk: **USA**
• Ründaja: ?

USA kaitseministeeriumist varastati enam kui 24 000 arvutifaili. Ministeeriumi esindaja sõnul on teada, mis riik rünnaku toime pani, ent see informatsioon ei kuulu avaldamisele.



Märts 2013 • Sihtmärk: **LÕUNA-KOREA**
• Ründaja: ?

Häkkerid tungisid mõnede Lõuna-Korea finantsasutuste ning meediafirmade arvutitesse. Lõuna-Korea kahtlustab rünnaku taga Põhja-Koread.

Allikad: New Scientist, Bloomberg, NATO, The Telegraph, Kaspersky Lab

Švejkile selge, et ei ole kunagi nii, et poleks kuidagi. Niisiis kuidagi ikka saab. Näiteks küberkaitse õppusi korraldades. Niisugusel juhul peab ju keegi omadest hakkama „pahaks” ning „headele” kallale kippuma. Selleks aga peab „pahadel” olema ründe- vahendeid. Kuna päris „pahad” siin arusaadavatel põhjustel abi ei osuta, saab kasutada üksnes seda, mida on juba (päris „pahade” poolt) kasutatud või proovida ka ise ühte-teist uut tekitada. Sellisel juhul oleks kogu asjal enam mõtet. Muidugi eeldusel, et küberkaitseks ehk küberrünnakute tõrjumiseks tööpoolest tahetakse ette valmistuda.

Küberkaitset, nagu mis tahes kaitset, pole ilmselt võimalik tõhusalt teostada, kui loota ainult alati lukus ustele ja ilmatu tugevatele ning kõrgetele kindlusemüüridele. Sellistele, millest ei murra läbi ega roni üle. Alt roomamisest ja vahelt pugemisest kõnelemata. Ja tõesti: kuhu tekivad lukus ukseid, sinna ilmuvad muuk- rauad. Sinna, kuhu rajatakse müürid, ilmuvad kohale müürilõhkujad. Ja kui müürilõhkujaid ei lõhuta, siis lõhutakse müürid. Niiviisi on näha, et ka head peavad looma mingeid pahategemise vahendeid ning valmis- tama ette neid, kes sääraseid vahen- deid tõhusalt kasutada suudavad.

Küberrelvad ja kübervägi

Relvadeks võib üldjoontes nimetada niisuguseid süsteeme, mis on loodud just selleks, et lõhkuda teiste süsteemide ülesehitust või muuta muul viisil võimatuks nende kasutamine. Siinkohal tuleb osata eristada relva sellest asjast, mida saab relvana kasu- tada. Nii näiteks oli üsna kaua relvas- tuses riist, mida kutsuti sõjanuiaks. See oli kindlasti relv, sest oli loodud vaenlase vigastamiseks. Samas, kui häda käes, siis võis sissetunginud pätile vastu hakkav taluperenaine rel- vana kasutada suurt supikulpi, kui midagi sobivamat ei juhtunud käe- pärast olema. See aga ei tee kulbist relva.

Eks ole olemas ka kübervahendeid, mida soovi korral saab relvana kasu- tada. Samas on juba mõnda aega loo- dud ka süsteeme, mida tulebki nime- tada küberrelvadeks. See asjaolu te- kitab loomulikult vajaduse inimeste järele, kes mainitud süsteeme kasuta- da suudavad ja kindla korra raames kasutada tohivad. Nimetagem neid küberväelasteks ja neist koosnevaid



Küberturvalisusega tegeleva firma Norse internetikaardil <http://map.ipviking.com> on võimalik reaalsajas näha maailmas toimuvaid küberrünnakuid.

üksusi küberüksusteks (nt küber-voitluspaaridest kuni küberväeni).

Küllap on lugejale mõnevõrra ootuspärane, et küberväest kõnelemine oli (mitte väga palju) aastaid tagasi paljudele sama pentsik ning lausa vastumeelne, nagu oli seda kõnelemine küberründe võimekuse vajalikkusest. Isegi e-esirindlikus e-riigis ei leidnud sedalaadi mõtted suu-remat kõlapinda. Kahtlemata oli ka sel juhul edumeelseid kindrleid ja kõrgemaid riigiametnikke, kes asjale pihta said. Enamjaolt aga suhtuti küberväest kõnelejatesse kui tüütutesse ullikestesse, vahel aga arvati sedagi, et tegemist on hoopis kavalpeadega, kes tahavad endale ulmejutudega lihtsalt tähelepanu tõmmata ning toetust tekitada. Selle asemel, et oma palka n-ö tõeliste ülesannete lahendamiseks välja teenida.

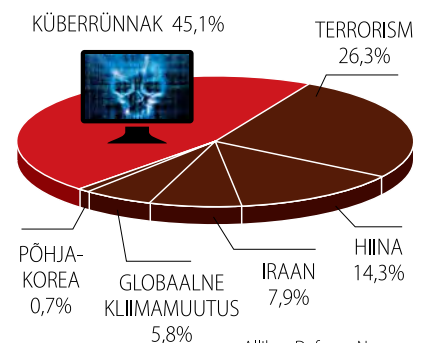
Paraku ei loe enamiku terve mõistus midagi, kui tegelikkus hakkab vahel ootamatult teistsuguseks muutama. Seega tuli neil, kes veel aastal 2010 itsitasid, kui jutt juhtumisi küberväele läks, juba samal aastal oma suunurgad pisut sirmemaks tõmmata. Kas või seepärast, et USA õhuvägi kuulutas ühes oma kahe järgneva aastakümne arenguid käsitlevas doku-

mendis (*Report on Technology Horizons. A Vision for Air Force Science & Technology During 2010–2030*), et USA õhuvägi opereerib n-ö kolmes ruumis: õhuruumis, kosmilises ruumis ja ... küberruumis. Lisaks sellele ilmnas, et USA-s on ka oma küberväejuhatust (analoo-giliselt muude traditsiooniliste väe-likide juhatustega).

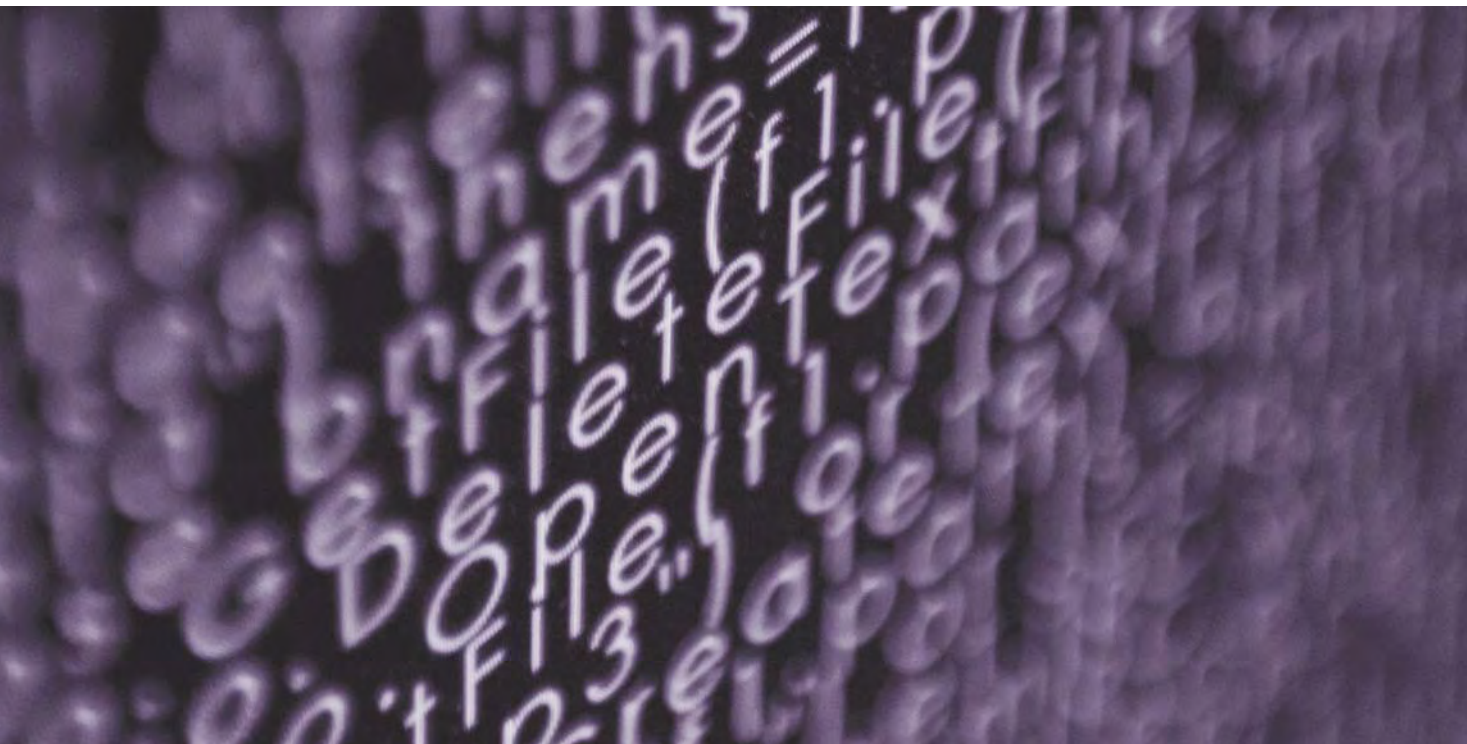
Seda, et tegelikkus on vägagi oota- matult mitteharmusparaseks kujunenud ning kiiresti enamgi teistsu- guseks arenemas, tuleb arvestada ka küberväge käsitledes. Kübervahendid võivad muuta ka tühiselt väikesed inimrühmad (ja isegi üksikisikud) väga võimekateks, kui on tarvis midagi purustada, mittetoimivaks muuta või oma tahte kohaselt toimetama panna. See vastandub selgesti senisele olu- korrale, kus oma tahtmisest tulene- vate suurte tegude tegemiseks oli vaja palju inimesi, kes seda tahet (kuule- kalt) oma tegudega tunnustasid. Näi- teks sõtta minnes. Lisaks sellele veel märkimisväärselt ressursse. Näiteks lahingumasinaid, lahingumoon, transpordivahendeid, kütust, toitu jms ja kõige selle katteks ka raha. Ropult raha. Milleks omakorda on vaja poliitilist ning sotsiaalset tuge. Tänapäeval võib laastava küberründe

korraldada mõni põnevust otsivate entusiastide kamp, kõnelemata (orga- niseeritud) kurjamitest, kes sedalaadi entusiaste oma huvides võivad kasu- tada. Seepärast pole varsti enam nii olulist tähtsust riikidel ja rahvastel, kui käsil mingi küberrünnak. Märuli korraldajad ei pruugi isegi ühe riigi territooriumil toimetada. Ometi võib nende kordasaadetav osutada võrrel- davaks sellega, mis toimus vanal heal ajal, kui üks riik kimbutas teist. Nii- siis võib tegu olla kuhugi laiali

SUURIM OHT RIIGILE USA TURVALISUSE EKSPERTIDE ARVATES



Allikas: Defence News, 2014. aasta küsitlus



hajunud kambaga, või lausa ei-tea-
kus toimetava kurja geeniusena. Kas
sedalaadi tegelastele vastu astumine
on küberväe asi? Hea küsimus, eks
ole.

Üks küsimus paistab aga vastatav
olema. Nimelt, kuidas üles ehitada,
arendada ning kasutada küberväge.
Antud ajal: ülimat paindlikkust ilmu-
tades. Ei maksa pirtsutada, kui min-
gis olukorras mõnevõrra domineerib
see, mida seni on „võmmide” reaks
peetud, või kui mõnes teises olukor-
ras domineerib see, mida seni on val-
davalt „sõjardite” mängumaaks loe-
tud. Selged piirid ning sedalaadi piiri-
de fikseeritus muutub fiktsiooniks.
Ilmselt kujunevad aja jooksul välja
hoopis uuelaadsed struktuurid, kel
hoopis teist laadi taktika ning ise-
moodi strateegia. Ning ilmselt ka
hoopis omamoodi kavandamise ning
juhtimise viisid. Sellised, mis osutu-
vad otstarbekateks ruumis, mida va-
rem võis ehk ainult fantaasiamail-
mas kohata – nimelt küberruumis
(meenutame, et see on samas üks
ruumidest, milles opereerib USA õhu-
vägi).

Küberkaitse ja kunstmõistus

See on järjekordne teema, mis aastaid
igat sorti suuri ülemusi ja neile kõr-

vasosistajaid (sellest, kuidas asjad „te-
gelikult on”) itsitama või pahuralt
porisema pani. Küberruumis on aga
mõned realiteedid, mida eelnime-
tatud tegelased endale ei teadvusta
(näib, et lausa tänase päevani) ega
väga tahagi teadvustada. Küll aga on
ikka rohkem ja rohkem hakatud kõ-
nelema otsusetegemise tugisüsteemide-
st, mis peaks aitama suurtel üle-
mustel tähtsate otsuste langetami-
seni jõuda ehk kiiremini ja pisut
enam tõsiasju arvesse võttes ning
neist lähtudes enam põhjendatult.
Sedalaadi toe vajadus on ikka enam
ilmne, kui mõtleme suhteliselt mas-
taapsetele katastroofidele suurtel ala-
del või lihtsalt väga suure rahvaarvu-
ga piirkondades. Samas on aga ole-
mas ka teatav kogemus, mille alusel
on koostatud juhendumiseks mõel-
dud materjalid (et kõik käiks võima-
likult nõnda, kuidas antud juhtumi
korral protseduurid ette kirjutavad).
Tõde on seegi, et otsusetegemiseks
vajaliku pildi olukorrast saab otsusta-
ja vajaduse korral võib-olla juba
mõne tunni, paremal juhul lausa
minutitega kätte. Võib-olla ongi nii,
kuid enam mitte küberruumis!

Küberruumis toimivatel arvutisüs-
teemidel on üliarvukalt komponente,
mille seisund ja sisu võivad osutada

väga oluliseks. Sellest tehtav ülevaade
ei mahu paraku inimolendi pähe.
Ilma ilikumata! Lihtsalt pole inim-
olendil sedalaadi mälumahtu ja kogu
lugu. Sama halb seis seostub nõutava
kiirusega, mille vältel peab mingis
arvukalt arvuteid ja nende lisasead-
meid ning sidevahendeid sisaldava
süsteemi seisundi kirjeldusest tulene-
ma otsus selle kohta, mida teha (nt
kas isoleerida kohe oma süsteem
väliskeskkonnast või jätta mingid, ja
kui, siis millised sidekanalid avatuks).
Vaatleme pisut asjakohaseid arve.

- Inimajus on ligikaudu 100 mil-
jardit neuronit (The Science Times
Book of the Brain. New York: The
Lyons Press, 1987:150).
- Lihtsaimad otsustused (nagu
näiteks pildil kujutatud nimeta-
mine) võtavad aega 300–700
millisekundit.
- Üksik neuron „suudab tulistada”
umbes 200 korda sekundis ja see
võimekus on 5 miljonit korda
väiksem mõne tänapäevase
ja tavalise arvuti nn taktsage-
dusest (Chris F. Westbury, Cogni-
tive neuropsychologist, professor in
the Department of Psychology
at the University of Alberta,
Canada: <http://www.ualberta.ca/~chrisw/howfast.html>).

Neist arvudest joonistub üsna lihtsalt üsna troostitu pilt, mida eespool nimetatud USA õhujõudude dokumendis kirjeldatakse nõnda:

... natural human capacities are becoming increasingly mismatched to the enormous data volumes, processing capabilities, and decision speeds that technologies offer or demand...

... humans will have become the weakest component in a wide array of systems and processes

(... inimese loomulikud võimed jäävad üha enam alla tohututele andme-mahtudele, nende töötlemiseks nõutavale võimekusele ning otsuste langetamiseks vajalikule kiirusele, võrreldes sellega, mida pakub või nõuab tehnoloogia ...

... inimesest on kujunenud nõrgim lüli väga paljudes süsteemides ning protsessides ...).

Vaat nõndaviisi on lood inimliku võimekuse ja selle rakendatavusega vähemalt siis, kui tegu on küberruumis esile kerkinud situatsioonide kirjeldamise ning neist lähtuvate õigete otsuste tuletamisega. Kui jätta selles vallas nõutavad tegevused (situatsioonide kirjeldamine, kirjelduste analüüs, õigete otsuste tuletamine) inimese hooleks, võib juhtuda, et mõni kübersõda on läbi enne, kui inimene märkas selle puhkemist. Samas aga on meie endi (ma mõtlen ühiskonnas elavate inimeste) eluolu tagavate süsteemide seisundite jälgimine ning neist lähtuv otsustusprotsess vältimatult vajalik. Eeldusel, et see ka õigesti

Inimese loomulikud võimed jäävad üha enam alla tohututele andmemahutudele, nende töötlemiseks nõutavale võimekusele ning otsuste langetamiseks vajalikule kiirusele, võrreldes sellega, mida pakub või nõuab tehnoloogia.

ehk tõele vastavalt toimub. Ja kui inimene ilmselgelt pole võimeline sellega toime tulema, tuleb rakendada seda võimekust evivaid arvutisüsteeme, mida sageli kutsutakse rakendusliku tehisintellekti süsteemideks. Järelikult tuleb inimestel meie endi heaolu hoidvate kübersüsteemide kaitse (aga see kuulub ju küberkaitse valda) delegeerida arukatele tehisolenditele. Kui tõesti mingit tõsisemalt võetavat küberkaitset tahame.

Nii A kui O

Esitatu üle mõtiskledes võib jõuda pisut poeetiliselt sõnastatud tõdemuseni, et küberneetika algas olulises osas inimeste kaitsest ning inimeste kaitse lõpeb olulises osas küberneetikas. Loodetavasti mitte päris seetõttu, et lõpevad inimesed, keda kaitsta. Reaalteadlasena pole ma sugugi tunde vaba ning ei peaks tegema nägu, et mina kuulutan kiretult tõde. Sellest, mismoodi meil asjad on ja

kuhu need arenevad. Kahtlemata on mul tunded. Kibe rõõm selle pärast, et aastate möödudes on selgunud, kellel oli õigus. Kuid veelgi enam masendus, kui mõtlen oma laste ja lastelaste tulevikule maailmas, kus maiste ressurssidega peavad toime tulema nemad, veel säilinud teised elusolendid, keda inimolendid pole arutult ära hävitanud, ning masinad, mis on meist pehmelt öeldes palju targemad ning kelle käes on meie kõigi olemasolu tagavate süsteemide juhtimine ja kontroll. Samuti sunnivahendid nende tarbeks, kes masinate arvutuste kohaselt peavad end kohatult üleval. Suure panuse sedalaadi masinate esiletulekuks ning domineerimiseks on andnud valdkond, mida poliitviisakalt kaitseks kutsutakse. Sealhulgas otse loomulikult küberkaitse. ●

AUTORIST

PEETER LORENTS (1951) on eesti matemaatik, õppejõud ja poliitik. Uurimisvaldkonnaks matemaatiline loogika, eriti selle mõned tehismõistusega seotud aspektid. Füüsika-matemaatikakandidaadi kraad (mille vasteks PhD) Leningradi ülikoolist. Töötanud aastaid TA Küberneetika instituudis teadurina. 1992–1999 Riigikogu liige, Riigikogu kaitsekomisjoni esimees. 1995–1999 ühtlasi professor Eesti Riigikaitse Akadeemias (hilisemas Sisekaitse Akadeemias). Aastast 2000 EBS-i professor ja Eesti Infotehnoloogia Kolledži õppejõud. Osales aastail 2006–2012 NATO Kooperatiivse Küberkaitse Kompetentsikeskuse rajamisel ja töös: alguses keskuse loomise projektmeeskonna juhina, hiljem keskuse uurimis- ja arendusharu juhatajana. Kaitseliidu liige. Hobideks muusika, tennis, rattasõit.

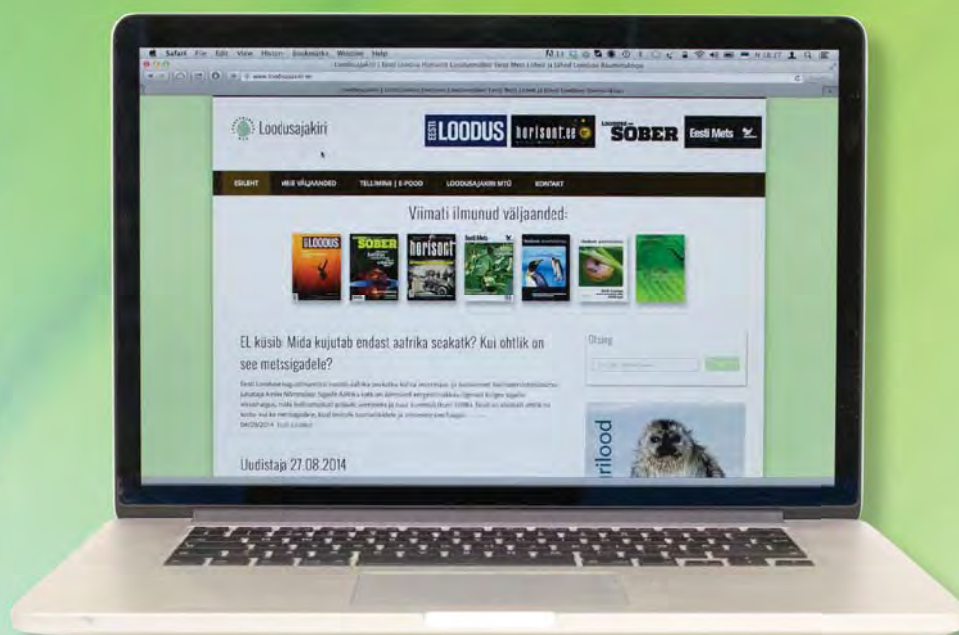
horisont ☺



TOOMAS PÄÄSKE



Loe paberilt, loe ekraanilt!



Vormista Eesti Looduse, Loodusesõbra, Horisondi või Eesti Metsa aastatellimus enne 30. novembrit kodulehe www.loodusajakiri.ee kaudu ja vali meie e-poest sarja „Looduse raamatukogu” üks e-raamat kingituseks tasuta.
Kui tellid paketi, 3 või 4 ajakirja korraga, saad kingituseks e-raamatu „Lehed ja tähed. 6”.





FOTOD: VALLO KRUUSER

HÄRRA TALLINNA LOOMAAED

Mõeldes Tallinna loomaaist, kerkib silme ette naerusuine ja särasilme zooloog Mati Kaal. Lugeses või kuuldes tema nime, meenub omakorda automaatselt loomaaed. Tänu pikaajalisele tegevusele Tallinna loomaaia juhina on temast saanud omaette institutsioon. Meil pole ju ühtegi teist asutust või organisatsiooni, mille väline ja ka sisuline identiteet oleks niivõrd tugevalt seotud ühe inimesega.

Paljuskki just tänu Mati Kaalu karismale on 25. augustil 1939. aastal asutatud ning tänavu väärikat 75. sünnipäeva tähistanud Tallinna loomaaed vaatamata turumajandusliku mõtlemise võidukäigule säilitanud klassikalise, kõige muu kõrval ka teadustegevusele pühendunud loomaaia vaimu.

„Loomaaiaandust ei saa teha formaalselt, vaid võrdselt südame, käe ja peaga,” ütleb Mati Kaal.

Mati Kaaluga käis loomaaia uhiuues uhkes keskkonnahariduskeskuses Tallinna loomaaist, selle liigikaitselisest tegevusest, loomaaiaandusest üldse, tema teadustööst ja teistel teemadel vestlemas Ulvar Käärt.

Kas 75 aastat tähendab ühe loomaaia jaoks teisme-, täiskasvanu- või raugeaga?

Arvestades, et maailma vanim, Viini loomaaed on tegutsenud 262 aastat, siis sellega võrreldes on 75 aastat ikka päris poisikeseiga. Väga paljude loomaaedade vanus jääb 150 aasta kanti. Põhjanaanabrite Helsingi loomaaed on näiteks 125-aastane.

Kui saime 50-aastaseks (1989. aastal – U. K.), tähistasime seda koos Moskva loomaaiaga, millel täitis 125 aastat. Pidasime juubeleid koos, kuna Nõukogude Liidu kultuuriministeerium oli otsustanud, et aastast võib olla vaid üks riiklikult tähistatav loomaaia juubel. Tallinn poleks Moskva suurema juubeli kõrval löögile pääsenud, aga kuna Moskva loomaaia direktor oli mu päris hea semu, siis muidugi Nõukogude Liidu kultuuriministri asetäitja

Mati Kaalu taustal toimetab jääkaru Friida.

jutule. Meil õnnestus talle selgeks teha, et tegutseme niivõrd tihedas koostöös, et ei saa eraldi juubelit pidada, vaid see peab olema ühisjuubel.

Suutsime ministri asetäitjale selle mõtte vastu võetavaks teha. Korraldasime rahvusvahelise konverentsi, mis toimus esimesed kolm päeva Moskvast. Seejärel töime kolm rongivagunitäit rahvast Tallinna, kus konverents vältas veel kolm päeva. Piduliku aktuse pidasime linnahalli suures saalis. Nõukogude Liit maksis kõik kinni.

Nii uhket juubelit pole meil enam olnud. See oli aeg, mil kõik suured Vene ülemused hoidsid selja küürus ja karvad turris ning kui sa midagi nende allkirja abiga saada tahtsid, andes märku, et kui allkirja ei anna, siis oled stagnant, ei julgenud keegi seda andmata jätta. Seetõttu oli meil nii palju ressursi, et saime kõigile loomaia töötajatele ja konverentsil osalejatele tähtpäevaks isegi valatud medali teha.

Puánt oli veel selles, et loomaia sünnipäev on kaks päeva pärast Molotovi-Ribbendropi pakti sõlmimist (*pakt sõlmiti 23. augustil 1939 – U. K.*). Ühisjuubeli ajal juhtus nii, et kui linnahalli aktus oli täpselt õigel päeval ehk 25. augustil, siis konverents algas juba paar päeva varem. Nii sai suur osa nii kapitalistlikest kui sotsialismimaadest konverentsile tulnud külalistest ka Balti ketis osaleda. Vaesed põhjakorealased ja vietnamlased ei saanud õieti sotti, mis sündmused siin toimusid, ja aeti võib-olla pärast kodus vardasse selle eest, et nad ketis seisisid.

Tänavu ei olnud meil erilist ressursi, et sünnipäeva pühitseda. Vanajumal rikkus asja veel ka omalt poolt: tahtsime külastajatele pakkuda pikka ja sündmusterohket nädalat, kuid paraku sadas vahetpidamata.

Tänavune juubel läheb ju ikkagi ajalukku uue keskkonhariduse keskuse maja valmimisega?

See maja on tõesti tõeline juubelikingitus. Suuresti on see ehitatud Euroopa raha eest, linn pani omaosalusena välja 20 protsenti (*Õismäe-poolsesse väravasse kerkinud hoone maksis ühtekokku 4,7 miljonit eurot – U. K.*).

Oleme seda maja oodanud üle kolmekümne aasta. Mõtlesime sellele juba siis, kui 1983. aastal loomaia Kadriorust Õismäe servale kolisime. Vana maja jäi loomadest ju ligi kilomeetri kaugusele, rääkimata ruumide kitsikusest ja kõigest muust, mis meid nii loodushariduse pakkumisel kui ka teiste tegevuste puhul pitsitas. Uues majas ava uks ja astu loomade juurde.

Sisuliselt on ju loomaiaid kõigi neis elavate elukate saatkonnad inimese juures. Meie loomad on ka omamoodi ekstsellentsid-diplomaadid, mis on loodushariduse puhul väga oluline. Diplomaatide üks tähtis ülesanne on tutvustada asukohamaa elanikele

Sisuliselt võime loomaia liigikaitselist poolt võrrelda kindlustuskompaniiga – me hoiame teatud liikide genofondi.



Mati Kaalul on käes uhked keerdsarvkitse sarved.

MATI KAAL

- Sündinud 3. juunil 1946. aastal Tallinnas.
- Kasvanud ja kooliteed alustanud Saaremaal Põide vallas Mui külas.
- Lõpetanud 1964. aastal Tallinna 2. Keskkooli (Reaalkooli).
- Lõpetanud 1969. aastal Tartu Ülikooli bioloogia erialal.
- Aastast 1968 töötab Tallinna Loomaia, 1975. aastast direktorina.
- Uurinud Eesti suurkiskjaid, nende bioloogiat ja ökoloogiat.
- Loodusteaduste ja -kaitse propageerija, avaldanud arvukalt selleteemalisi populaarteaduslikke artikleid.
- 1991. aastal loodud Eestimaa Looduse Fondi asutajaliige; olnud ka selle nõukogu liige.
- Aastast 1999 eeskätt euroopa naaritsa (*Mustela lutreola*) kaitsele ja nende loomade taasisutamisele Hiiu- ja Saaremaale pühendunud sihtasutuse Lutreola nõukogu esimees.
- Sihtasutuse „Karl Ernst von Baeri mälestusfond“ üks asutajaid ja nõukogu esimees.
- Tallinna Reaalkooli hoolekogu liige.
- Tunnustused: Valgetähe III klassi teenetemärk (2001), Tallinna raemedal (2008), Haabersti elutöö preemia (2009), Tallinna Vapimärk (2014).
- Abikaasa ehk tagalaülem, nagu Mati Kaal ise ütleb, on tema mikrobioloogist kursusekaaslane Virve Kaal (Uukkivi). Poeg Ott õppis Tartu Ülikoolis astrofüüsikat. Pojapoeg Joonas õpib Tallinna Ülikoolis psühholoogiat, pojatütred Kärt ja Teele õpivad Tallinna Reaalkoolis.

lähtemaa kultuuri, majandust ja traditsioone ning õpetada neid mõistma.

Kuid mitte ainult kollektsioon pole võimalus, vaid loomaaia 89 hektaril on esindatud praktiliselt kõik elupaigatüübid peale raba.

Kui inimene oskab hästi pilli mängida või joonistada, on see väga tore, kuid siiski eelkõige inimese enda asi. Kui inimene ei oska enam loodusega ümber käia, on see inimkonna eksistentsiaalne probleem. Seetõttu pole loodusharidus klassikaline huviharidus ning seda tuleks minu arvates lastele tasuta ja võimalikult varakult ning palju pakkuda.

Näiteks Saksamaal ja Taanis on paika pandud teemad, mille puhul on koolil kohustus need koos loomaaedadega läbi võtta. Neil on süsteem, kus loomaaiapedagoogid on küll loomaaia koosseisus, aga nende palgafond tuleb riigi haridussüsteemilt. See on asi, mis tahab meil veel murdmist.

Kui suure osa sellest 75 aastast olete Teie loomaaiaga seotud olnud?

1. novembril sai 46 aastat, sellest 39 direktorina. Ehk et üle poole loomaaia elust olen kaasa teinud.

Kuidas Te ometi nii kaua selles ametis vastu olete pidanud?

(Lühike mõttepaus.) Laisk inimene olen vist, ei ole viitsinud midagi muud otsida. (Puhkeb selle peale kohe naerma.) Loomaaed juba on selline koht, kus lühikese ajaga ei tee midagi ära. Isegi Ameerikas, kus töökohti vahetatakse tihti, püsivad loomaaedade juhid ametis suhteliselt kaua.

Hetkel olen Euroopa pikima staažiga loomaaia direktor, sest need, kes on minust pikemalt ametis olnud, on jõudnud värskest pensionile minna.

Loomaaeda sattusite ilmselt ikka tänu eelmisele direktorile Károly Sternile?

Muidugi oli selles Sterni käsi mängus. Tegelikult oli asi sedasi, et ta oli loomaaiale välja võidelnud teaduslale direktori asetäitja ametikoha. Toona käisid asjad nii, et kui koht oli loodud, aga seda aasta jooksul ei täidetud, kaotati koht ära.

Stern oli otsinud mitmeid variante. Tollal nõuti ju igasuguseid imeasju – näiteks sai tööle võtta inimese, kellel oli sissekirjutus Tallinnas. Vanemad sissekirjutusega zooloogid selle koha vastu huvi ei tundnud ning nii tuli ta viimases hädas Tartu ülikooli. Olin siis viimasel kursusel ja diplomitööd kirjutasin, kui minu juhendaja Harri Ling (tollase zooloogia kateedri juhataja – U. K.) helistas ja palus mul kateedrist läbi tulla, kuna seal olevat üks põneva jutuga mees.

Kuna olin Saaremaalt pärit, oli algselt arvestatud, et mind suunatakse ülikooli järel Kuressaare koduloomuuseumisse looduse osakonda. Kui naise võtsin, pidin temaga Tallinna minema, sest enam meid lahku suunata ei saanud.

Sellega kukkus Saaremaa ära ja mind kavandati Mahtra jahimajandisse, kus olin arvel tulevase jahinduse arendajana. Stern loomulikult teadis seda. Kuna viimasel kursusel oli kohustus läbida menetluspraktika ehk töötada pool aastat erialasel tööl,

Kui inimene ei oska enam loodusega ümber käia, siis on see inimkonna eksistentsiaalne probleem.

olin 1968. aasta novembrist juba loomaaia ametis. Menetluspraktika lõppedes korraldas Stern asja nii, et mind pärast seda lahti ei lastudki ning paralleelselt sain ka ülikooli lõpetada.

Lingi juures juttu ajades polnud ma veel naist võtnud, kuid oli teada, et pulmad on peagi tulemas. Nii et kui Stern mind praktika alguses majas ringi käies kolleegidele tutvustas, siis ütles, et vaadake nüüd seda oinast, kes nädala pärast endale ise rangid kaela laseb panna.

Kuidas on aja jooksul muutunud tingimused, milles loomaaed on pidanud hakkama saama?

Keerulisim oli üleminekuaeg. Siis olid ressursid kogu vabariigis nagu need olid. Kui loomaaed poleks selleks ajaks uue platsi peal olnud, oleks see tõenäoliselt lõpp olnud. Vanad asjad siis enam ei toiminud ja uusi veel polnud. Neil karmidel aegadel elasin ma infarktigi üle.

Tegelikult oli ka Vene ajal mõned korrad see küsimus päevakorral, sest lihtsam oli likvideerida kui midagi lõpuni valmis ehitada. Hea nüiana, millega täiest jõust vehkisin, juhtisin tähelepanu tõsi-asjale, mis reaktsioone see küll maailmas võib tekitada, kui kommunistid likvideerivad selle, mis on kodanliku Eesti ajal asutatud. Niimoodi õnnestus mul asi ümber keerata.

Kui küsite, kummal ajal kergem oli, siis ütleksin, et raskused olid ja on erinevad. Ma ei ütleks, et praegu kergem oleks. Näiteks kui asjale puht rahaliselt läheneda, siis Vene ajal oli nii, et kui plaani ei täitnud, saime söimata, aga sellegipoolest puudu-olev raha anti. Praegu enam keegi ei söima, aga puuduolevat raha ka ei anna.

Kusjuures kogu „õndsas” Vene aja jooksul ei juhtunud sellist asja, mis tänavu: meil varastati elevantide maja tagant ja Rebasemäe lähedalt ühtekokku kaheksateistkümmne postivahe jagu 2,8 meetri kõrgust jämedatest raudvarrastest piiret ära. Ja seda veel päise päeva ajal!

Nii Vene kui ka praegusel ajal tekib aeg-ajalt jälle mõni tark, kes küsib, miks peab loomaaiale peale maksma. Kuid ükski maailma loomaaed, mis täidab nelja põhilist loomaaedade ülesannet – pakkuda vürlestavale inimesele loodusharidust ja puhkevõimalust, teha teaduslikke uuringuid ning aidata kaasa hääbuvate liikide päästmisele – ei suuda ennast ise ära majandada.

Kui kõik need neli aspekti on enam-vähem arvestataval tasemel, üksnes siis on tegu loomaaiaga. Niipea kui midagi vajaka jääb, on kohe tegemist millegi muuga – paljunduskeskuse, lõbustuspargi või mis tahes teise ettevõtmisega.

Niisuguseid klassikalisi, teaduspõhiselt juhita- vaid loomaaedu, mille hulka ka Tallinna loomaaed



KOLLEEGI KOMMENTAAR

Zooloog, Tallinna loomaaia teadussekretär TIIT MARAN

Loomaaia direktori amet tundub eemalt veetlev. Tegeled loomadega, räägid huvitavaid jutte loomadest ning oled tuntud rahvamees. See on vaid üks väike osa tegelikkusest ja kenam osa. Loomaaia juhtimine on pidev laveerimine mitmetahulise asutuse majandamise probleemide virvarris, eksootiliste loomade pidamise küsimuste lahendamine, aastas enam kui 350 000 külastaja soovide arvesse võtmine, loodushariduse, teaduse ja liigikaitselise tegevuse edendamine. Raske taagana lisandub loomaaiaanduse globaalse mitme-mõõtmelisuse ning lokaalse omavalitsusliku alluvuse raske ühitamine.

Sellises tegevuses on toimimine katse-eksituse meetodil paratamatu, karistav eksisamm samas kergelt tulemas. Peamine, et näiline meelelahutuslik vorm ja sagedane paratamatu tühiraaheldamine olulist varju ei jäta. Põhieesmärk loomaaia on inimene ja tema suhtumine looma, on elu mitmekesisuse mõistmine ja selle alalhoid, on püsiväärtused. Minu arvates on Mati selles osas loomaaeda üsna kindlal kursil hoidnud. Seda vaatamata vastuoludele, valikutele halva ja veel halvema vahel, sageli tarvidusele aeg-ajalt näiliselt vastupidises suunas liikuda.

Ükski persoon ei tee kunagi kõike ise. Üksikisiku taga on alati varjujäävad isiksused ja Mati on suutnud loomaaeda tuua neid isepäiseid „linnukesega“ inimesi. Osa on jäänud pikaks ajaks, teised on loomaaia hüppelaulalt edasi liikunud. Kogu see ajas muutuv inimkooslus on andnud selle, mille tõttu loomaaed oma 75. juubeliks on Mati juhtimisel muutunud kohaks, kus on külastajal tore, kus toimuvad loodusüritused, kus edeneb teadus, loodushoid ja loodusharidus. ●

kuulub, on maailmas pisut üle tuhande. Elistvere loomapargi taolisi kohti aga veel mitmeid ja mitmeid tuhandeid.

Tänu kellele Tallinna loomaaed üldse tekkis?

Loomaaia loomise üle hakati arutlema õige pea pärast Eesti vabariigi loomist. Meie sünni juures on kaks tähtsat ämmaemandat – eestiaegse loodushoiu ja turismiinstituudi direktor Peeter Päts, president Konstantin Pätsi vend, ja Eesti esimene elukutseline looduskaitseinspektor Gustav Vilbaste.

Loomaaiaid on maailmas tekkinud lainetena. Üks järjekordne laine oli pärast Esimest maailmasõda,

kui olid iseseisvunud väikesed riigid. Näiteks Leedu endise pealinna Kaunase loomaaed on Tallinna omast aasta vanem.

Pärast Teist maailmasõda tuli järgmine loomaaedade rajamise laine.

Pikemas plaanis vaadates tekib loomaaiaandus koos linnalise kultuuriga. Meie oleme siin kolmandat põlve linlased, kuid Kesk-Euroopa oli juba üle kahe sajandi tagasi linnastunud.

Ehk siis võib öelda, et loomaaed on omamoodi märk ühiskonna arengutasemest?

Kindlasti. Vajadust loomaaia järele ei teki, kui pole linnalikku kultuuri, mis selleks eeldused loob. Ühelt poolt tekib siis igatsus juurte järele. Teisalt on loomaaed kui oas kivikõrbes, milleks on linn. Näiteks sakslased on uurinud ja leidnud, et looduslähedases keskkonnas viibimine taastab inimese töövoime 60 protsenti kiiremini kui mis tahes jõusaal või muud sorti tehiskeskkonnas viibimine.

Kas Tallinna loomaaeda võib pidada Põhja-Euroopa suurimaks?

Jah, territooriumi poolest oleme oma 89 hektariga suurimate hulgas. Kollektiooni poolest oleme aga kindlasti kõikidest Põhjamaade loomaaedadest ees (Tallinna loomaaed on koduks enam kui 10 000 loomale enam kui 520 liigist – U. K.). Võime häbenemata öelda: meil on Põhjala põnevaim loomade kollektsioon.

See on omamoodi paradoks, et niisugusel lausmaal nagu Eesti on maailma parim mägiloomade – kaljukitsede ja uluklammaste – kollektsioon. Põhjus on tegelikult lihtne. Nimelt asus loomaaed oma endises kohas Kardiorus piki Lasnamäe nõlva, mistõttu ei saanud seal paljusid elukaid pidada. Küll sobisid sealsed tingimused mägiloomadele. Nii see kollektsioon kujuneski.

Kui kolisime, laius praeguse alpinaariumi asemel soo. Kaksikümmend aastat vedasime sinna kunstlike mägede saamiseks inertseid ehitusjätmeid. Alpinaariumi kõige suurema mäe põhjas on näiteks ka Pärnu maantee vana viadukt, mida Hendriksoni küüruks kutsuti.

Loomaaiana oleme Põhja-Euroopas tõsine tegija. Näiteks kui Zürichit peetakse n-ö makaroni-kartuli meridiaanil asuvaks linnaks, siis meie oleme Mandri-Euroopas levinud klassikalise loomaaiaanduse piiriks. Skandinaavia loomaaiaid on suuresti lõbustuspargid, kui mõni üksik erand kõrvale jätta.

Eelmisel suvel õnnestus mul käia Peterburi loomaaias.

Olin üllatunud – see on niivõrd suure metropoli kohta ikka väga pisike ja viletsas seisus. Tallinna loomaaed on selle kõrval suisa maailmatase.

Tõsi see on, Peterburi loomaaed, mis saab järgmisel aastal 150-aastaseks, on üsna õnnetus seisus. Kui Nõukogude Liit lagunes, siis tahtsid kinnisvaraarendajad, sealhulgas kubeneri naine, loomaaia asemele midagi „tõsisemat“ ehitada. Tolleaegne direktor Ivan Kornejev aga hakkas vastu punnima ja soovis, et enne kui loomaaed kõrghoonete jalust likvideeritakse, tuleb uus valmis ehitada. Kisma paisus päris

Vajadust loomaaedade järele ei teki, kui pole linnalikku kultuuri, mis selleks eeldused loob.

suureks, kuni ta lahti lasti ja tagatipuks õudsesse autoavariisse sattus. Kurjad keeled räägivad, et see oli atentaat. Mees lapiti küll kokku, kuid tema naine sai surma.

Pärast Ivan Kornejevit on Peterburi loomaaial iga-suguseid direktoreid olnud ja ka Peterburi kuberneri-d on vahetunud, aga kogu see jama jättis oma jälje ning loomaaed on alla käinud – vireleb ja hääbub vaikselt.

Samas jõulude paiku on meie plats ja tegelikult ka Helsingi loomaaed Vene turistide täis. Kuna meie pilet on võrreldes Helsingi loomaaiaga tunduvalt odavam, kuuleb meil ka väga palju soome keelt. Kui juulikuus pärnade alleel kohviku juures silmad kinni panna, on tunne nagu Etelä toril. Soomlasi on siis loomaaias niivõrd rohkesti.

Loomaaia põhifunktsioonidele vaadates tundub, et kui kunagi oli loomaaed eeskätt huvikoht, siis tänapäeval on sest saanud tähtis liigikaitsekeskus?

Liigikaitse on väga oluline. Mulle teeb seejuures rõõmu, et minu 46 loomaaia-aasta jooksul on maailmas oluliselt muutunud välibioloogide suhtumine loomaaeda. Kui algul pidasid välibioloogid end ainsateks tõelisteks looduse kaitsjateks, siis tänaseks on nad liikide väljasuremise ja looduse hääbumise olukorras aru saanud, et üksi nad hakkama ei saa. Nii otsivad nad loomaaedadega järjest rohkem koostöövõimalusi. Seda kahel põhjusel. Esiteks on nad mõistnud, et liigikaitse käib neil üksinda üle jõu. Loomaaedadel on aga vastav oskusteave ja suured võimalused.

Siin tuleb ju tegelikult ka loomaaialoomade geneetiline materjal mängu?

Just-just! Sisuliselt võime loomaaia liigikaitsest külge võrrelda kindlustuskompaniiga – me hoiame teatud liikide genofondi. Kui mõnda liiki tabab kol-laps, jääb tänu loomaaialoomadele vähemalt midagi-gi alles, et arvukuse kasvu toetada.

Teisalt on välibioloogide huvi kasvu taga asjaolu, et maailma loomaaedu külastab aastas ligikaudu 700 miljonit inimest, mis on kümme protsenti kogu inimkonnast. Ehk siis raske on leida paremat kohta, kus teha propagandat ja koguda looduskaitseliste tegevuste jaoks annetusi.

Viimasel ajal on ülemaailmsel loomaaedade foorumitel alati kohal ka välibioloogide organisatsioonide esindajad. See on meeldiv areng.

Tallinna loomaaed on liigikaitse vallas silma paistnud Euroopa ühe ohustatuma liigi, Eestis välja surnud euroopa naaritsa paljundamise ja Hiiumaale asustamise projektiga. Kuivõrd niikaalne on see ettevõtmine laiemas plaanis?

See on ülemaailmse kaaluga asi. Praeguseks on euroopa naarits ametlikult kuulutatud Euroopa kõige haruldasemaks kiskjaks. Meie oleme selle liigiga tegelenud ligi kolmkümmend aastat.

Sel ammusel ajal, kui karu, hunti ja ilvest uurisin, liikusin paljuski neid radu pidi, kus ka naarits elas. Sealt tuli teadmine, et naaritsa käsi käib järjest keh-vemini.



Täpselt nagu Stern kunagi mind otsis, hakkasin mina Tartu ülikoolist otsima neid, kes euroopa naaritsaga tegelemise vastu huvi võiksid tunda. Nii leidsingi Tiit Marani. Algul tegi ta sel alal kursusetöö, siis diplomitöö ja praeguseks on ta euroopa naaritsa alal ilmselgelt maailma parim ekspert.

Venemaal on euroopa naarits säilinud üksnes Kirovi kandis, natuke on seda liiki veel Prantsusmaa-Hispaania piirialadel ja Doonau deltas Rumeenias. Sellega ongi kõik – rohkem pole seda liiki enam kuskil.

Kui euroopa naaritsaga alustasime, siis oli liik Eestis veel olemas ning saime tehistingimustes paljundamise alustamiseks algmaterjali viimasel hetkel

ka siit kätte. Võttis aega mis võttis, aga praeguseks võib küll öelda, et euroopa naaritsa Hiiumaale taasastamine on olnud edukas.

Samas võib liigikaitse tegevuse poolelt euroopa naaritsa kõrval välja tuua ka amuuri leopardi. Olime esimesed Nõukogude Liidus, kes neid tehistingimustes paljundama hakkasid, ja tegeleme sellega senini aktiivselt. Kokku osaleme mõnekümnes EEP-s (ohustatud liikidega seotud Euroopa Eripaljundus Programm – U.K.).

Mis teemat ülikooli ajal täpsemalt uurisite?

Diplomitöö teema seondus pruunkaruga. Kuna karude arvukus oli sel ajal (1960. aastate lõpus – U. K.) Eestis madalseisus, tellis tollane metsamajanduse ja looduskaitse ministeerium ülikoolilt uurimistöö karu asurkonna ja selle seisundi parandamise võimaluste kohta. Mind pandi seda tegema. Kogusin andmeid ja kirjutasin nende põhjal lõpuks diplomitöö. Kui praegu on Eesti metsades 600–700 karu, siis tol ajal oli neid üksnes 120 ringis.

Mõnedki minu ettepanekud karu eluolu ja arvukuse kasvu soodustamiseks saidki teoks. Esimese asjana keelati ära talvine karujaht. Teise asjana hakkasid karud kevadel lisaööta saama.

Sirtsu soo kanti moodustati samal ajal ka Rakvere ja Tudu metsamajandi maadest vastavalt Mustjärve ja Tudu jahimajandi baasil kokku suur karumajand, kus kehtis karusid võimalikult vähe häiriv erirežiim.

Samuti kehtib tänase päevani minu soovitatud põhimõte, et aastas võib karude asurkonnast küttida ainult kuni viis protsenti.

Eelmisel suvel tekitasite paraja meediatormi, kui teatasite, et plaanite peagi ameti maha panna. Mis on Teid seda seni tegemast takistanud?

Ütlesin siis tõesti ühe intervjuu käigus, et jaks hakkab otsa saama, tuleb otsi kokku tõmbama hakata, ja et vähemalt kuni selle aasta lõpuni, kuni uus maja käima saab, tahaksin veel vastu pidada. Kui järgmisel päeval lehed vastavaid pealkirju täis olid, ilmus linna peal välja palju igasuguseid tegelasi, kes kõik arvasid, et sobivad loomaaia direktoriks. Kolleegidel hakkas hirm ja nad palusid mul kauem vastu pidada.

Olen avatud võimalusele, et kui ilmub keegi õige selle ameti peale, ei hakka ma kohast kinni hoidma. Hea meelega annaksin koorma vedamise asjas otsa üle mõnele nooremale ja asjalikule inimesele. Juhuslik inimene, kellesuguseid ühtäkki siin ja seal välja ilmus, võib minu elutöö üsna kiiresti vussi keerata. Loomaaiandust ei saa teha formaalselt, vaid ikka kakskümmend neli tundi päevas ja seitse päeva nädalas. Nagu mu üks kunagine Slovakkia kolleeg ütles – võrdselt südame, käe ja peaga.

Ma ei pea tingimata juhtoinas olema, saan väga hästi ka karjas olla. Kuid tahaksin, et kari liiguks ikka õiges suunas.

Kandidaate, kes võiksid sobida loomaaia juhiks, on ju küll, aga paraku tähendab see amet, et enam ei saa sisulise tööga tegeleda, vaid peab keskenduma hoopis bürokraatialle ja administreerimisele.

Kas hetkel mõnda raamatut tõlgite või toimetate?

Kirjutam TEA entsüklopeediasse imetajate osa. Aegajalt on ikka üht-teist tõlkida ja toimetada olnud. Saksa keelest, milles ma tugevam olen, ei taheta paraku enam eriti raamatuid tõlkida. Miskipärast leiab noorem seltskond, et saksapärased asjad Eestis ei lähe. Mina sellest aru ei saa. Oleme ju niivõrd tugevalt saksa kultuuriruumis, et sellega seotud asjad võiksid meile just sobida. Paraku harjutatakse meid kõiki ameerikaliku pinnapealsusega.

Väidetavalt pidite Te loomadega seotud anekdoote koguma?

Otseselt ei kogu, vähemalt pole neid kunagi üles kirjutanud – ainult ajukoore ääre peale.

Viimane loomaanekdoot, mida kuulsin, on karupoeg Puhhist. Nimelt ei osanud Puhh pulmadest midagi arvata. Aga kui kuulis, et pulmadele järgnevad mesinädalad, siis ... oli ta väga sillas!

Küll korjan loomapiltidega lipse. Ma pole seda pattu veel vabatahtlikult teinud, et kaks järjestikust päeva ühe lipsuga käiksin. Kokku on neid mul üle paarisaja.

On Teil mõni lemmikloomaaed, mida maailma parimaks peate?

Maailma parimat loomaaeda pole olemas, sest igas loomaaias on midagi erilist. Häid loomaaedu on aga palju. Mulle kui klassikalise loomaaiaanduse pooldajale on zooloogilises mõttes põneva kollektsiooniga näiteks San Diego loomaaed USA-s. Seda, et neil liigub suurusjärgude võrra rohkem raha, näitab kas või asjaolu, et loomaaed rendib hiinlastelt ligi miljoni dollari eest aastas hiidpandasid ehk bambuskarusid. Kui neil keegi sünnib, siis kuulub see jällegi Hiina riigile.

Samuti on väga hea kollektsiooniga Viini ja ka Berliini loomaaed.

Mulle ei meeldi eriti, et mõned loomaaiaid on hakanud „majandusliku mõtlemise“ tõttu muutuma elamuspargiks, kus on sõud rohkem kui zooloogiat. Näiteks Hannoveri loomaaed ei meeldi mulle seepärast enam sugugi nii palju kui varem, mil pandi rõhku Aafrika sõraliste kollektsioonile. ●

☞ Mati Kaalu mõtteid raamatulugemise ja e-maailma kohta loe lk 61.







RUUMILISE POSITSIONEERIMISE SÜSTEEM AJUS

JÜRI ALLIK

Kuigi Woody Allen leidis, et aju on tema tähtsuselt teine elund, arvab Nobeli komitee ilmselt teisiti. 2014. aasta Nobeli meditsiini ja füsioloogia preemia läks jälle aju või närvisüsteemi uurijatele. Preemia saajad on seekord John O'Keefe Londoni University College'ist ja abielupaar May-Britt ja Edward Moser, kes töötavad Norras Trondheimis.

Võiks ütelda, et selle aasta preemia on üksikneuronite revolutsiooni jätk. 1906. aastal Nobeli preemia saanud Camillo Golgi (1843–1926), kes leiutas esimese tõhusa ajupreparaatide värvimise meetodi, oli arvamisel, et üksikul neuronil pole erilist tähtsust, kuna teda pole võimalik eraldada tihedast võrgustikust, millesse ta on punutud. Veel veidi üle poole sajandi tagasi oli populaarne vaade, mis ütles, et kõik aju osad on ühesuguse potentsiaaliga. Arvati, et oluline on üksnes aju üldine mass, kuna kahjustuse korral võtavad terviks jäänud osad kahjustatud funktsioonid üle.

Aju uurimine on näidanud, et mitte ainult eri piirkondadel on väga kindlad funktsioonid, mida teised aju osad ei ole suutelised täitma, vaid ka üksikudel närvirakkudel – neuronitel – on oma kindlad ülesanded. 1981. aasta Nobeli preemia anti David Hubelile (1926–2013) ja Torsten Wieselile (sünd 1924) nägemissüsteemi funktsionaalse arhitektuuri kirjeldamise eest. Esmalt avastasid Hubel ja Wiesel, keda paljud pidasid üheks inimeseks, selle, et kassi ja ahvi ajukoore nägemiskeskuse rakud reageerivad kindlatele kujutise omadustele, nagu näiteks serva või kriipsu orientatsioon. Seejärel tegid nad kindlaks, et ühesuguste omadustega neuronid koonduvad ajukoort läbivatesse tulpadesse, kusjuures kõrvuti asetsevatel tulpadel on sarnased omadused. Seega, lisaks korrapärasele kaardile, mis vastab nägemisväljale, on nägemise andmete töötlusel seotud aju-

koor kindla ehitusega, kus iga üksiku neuronite funktsioon sõltub asukohast selles arhitektuuris.

Samuti selgus, et aju on suur kaardimeister. Ainuüksi nägemisväljast on ajus vähemalt paarkümmend kaarti, mis kõik kirjeldavad ümbritsevat maailma mingi kindla omaduse vaatenurgast. Kohe varsti selgus, et mitte ainult sensorsetel aju osadel on korrapärane ruumiline arhitektuur, mis on kujundatud vastavalt sellele ülesandele, mida see aju osa täidab.

Hipokampus ja koharakud

Seda, et hipokampusel on mängida oluline osa ruumis orienteerumisel, on teatud kaua aega. Näiteks rotid, kelle hipokampus on vigastatud, ei õpi leidma õiget teed labürindis. Kuid üheks esimeseks usaldusväärseks tõenduseks, et hipokampus mängib olulist osa ruumimälus, oli lühike raport, mille O'Keefe ja Dostrovsky avaldasid 1971. aastal. Uuritakse vabalt liikuvaid loomi, kelle ajusse olid viidud juuspeened elektroodid, mis registreerisid parajasti ühe neuronite aktiivsust. Selles lühikeses raportis, mida tänaseks (13.10.2014) on Google Scholar (GS) andmetel viidatud 2648 korda, teatatakse kohaneuronite leidmisest – üksik neuron muutub aktiivseks üksnes siis, kui loom asub talle tuttava ruumi ühes kindlas kohas. Kuna naaberrakud reageerivad veidi teisele kohale, siis tervikuna joonis- tava ajus välja ümbruse kaart.

Kõik see lubas John O'Keefe'il järeldada, et hipokampuses paiknebki kognitiivne kaart, mille olemasolust kõneles psühholoog Edward Tolman

juba 1948. aastal. See on kaart, mida organismid kasutavad ruumis orienteerumiseks. Koos Lynn Nadeliga avaldas O'Keefe 1978. aastal raamatu „Hipokampus kui kognitiivne kaart“, millele on tänaseks viidatud 7379 korral. Selline suur viidete hulk näitab, et tegemist on väga intensiivselt uuritava valdkonnaga.

Kuid enamik inimesi sai teadlikuks, et neil on ajus merihobu meenutav osa, alles pärast seda, kui meedia kihvas sensatsioonilisest avastusest, et Londoni taksojuhtide hipokampus on palju suurem kui tavalistel inimestel, kuna sinna peab ära mahtuma kogu Londoni kaart (Mauguire *et al.*, 2000). Võisin selles ise hiljuti veenduda, kui üks taksojuht suutis Victoria jaamast hotelli sõita täpselt kaks korda pikemat teed pidi kui teine taksojuht järgmisel öhtul.

Ajukoos ja võrerakud

Kui O'Keefe avastas koharakud, siis May-Britt ja Edward Moser avastasid võrerakud (*grid-cells*). Nagu arvata võiski, tuttava ümbruse kaardistamisega ei tegele mitte ainult hipokampus, milles endas on juba mitu kaarti, vaid ka aju osad, mis hipokampust ümbritsevad. Moserid koos oma kolleegidega Trondheimist uurisid seda aju osa, mida kutsutakse entorinaalseks ajukooreks. Selgus, et selles aju osas on mitu ümbruse kaarti, mille kõige silmatorkavamaks jooneks on võrerakkude struktuur. Võrerakud saavad oma nime sellest, et nad hakkavad tööle siis, kui ruumis vabalt liikuv loom asub ühes paljudest võimalikes aladest. Need alad, millele rakud



SCANPIX

JOHN O'KEEFE sündis 1939. aastal New Yorgis ja tal on nii Ameerika Ühendriikide kui ka Ühendkuningriigi kodakondsus. Doktoritööd füsioloogilise psühholoogia valdkonnas kaitses ta 1967. aastal Kanadas McGilli ülikoolis. Järel doktorantuuri läbis John O'Keefe Londoni University College'is, kuhu on jäänud tänini, saades 1987. aastal kognitiivse neuroteaduse professoriks. Praegu on John O'Keefe Londoni University College'i Sainsbury neoroloogia- ja käitumiskeskuse direktor.



SCANPIX

EDVARD I. MOSER sündis 1962. aastal Norras Ålesundis ja on Norra kodanik. Ta on õppinud psühholoogiat Oslo ülikoolis koos oma tulevase abikaasa ja kaaslaureaadi May-Britt Moseriga. Doktoritööd neurofüsioloogias kaitses 1995. aastal Oslo ülikoolis. Läbis järel doktorantuuri, nagu ka May-Britt, Edinburghi ülikoolis ja töötas külalisteadlasena John O'Keefe'i laboris Londonis. 1996. aastal pöördus tagasi Norrasse ja asus tööle Trondheimi Norra teaduse ja tehnoloogia ülikoolis, kus tõusis 1998. aastal professoriks. Praegu on Edvard I. Moser Kavli neuroteaduse instituudi direktor.

MAY-BRITT MOSER sündis 1963. aastal Norras Fosnavägis ja on Norra kodanik. Ta on õppinud psühholoogiat Oslo ülikoolis koos oma tulevase abikaasa ja kaaslaureaadi Edvard Moseriga. Doktoritööd neurofüsioloogias kaitses 1995. aastal. Järgnesid järel doktorantuur Edinburghi ülikoolis ja külalis-teadlase positsioon Londoni University College'is. 1996. aastast tegutseb May-Britt Moser Norra teaduse ja tehnoloogia ülikoolis Trondheimis, alates aastast 2000 professorina. Praegu juhib May-Britt Moser Trondheimis arvutusliku neuroteaduse keskust.

Nobeli meditsiini ja füsioloogiapreemiaga kaasnevast auhinnarahast saab John O'Keefe poole ja Moserid kumbki veerandi.

reageerivad, moodustavad korrapärase paigutusega võre, mis katab kogu ruumi, milles loom saab liikuda. Üksnes ajukoore teine kiht sisaldab puhtaid võrerakke, mis reageerivad asendile, sõltumata näiteks looma pea asendist. Teistes kihtides olevad võrerakud võtavad arvesse näiteks looma liikumissuuna või tema pea asendi.

Moserite edaspidine töö oli välja selgitada, kuidas võrerakkude süsteem toimib. Näiteks, kuidas on nad seotud hipokampuse koharakkudega? Kuidas välised orientiirid seotakse võrerakkudega? Millise mõõdulindiga mõõdetakse vahemaid ruumis? Kuidas on ruumimälu seotud sündmuste mäluja?

Teaduse eesliin

Tuleb kindlasti mainida, et ruumilise positsioneerimise süsteemi uurimine on teaduse eesliin, kus lisaks O'Keefe'i

ja Moserite rühmadele osaleb sadu teisi uurijaid, kes on teinud olulisi avastusi. Mis on olnud selle aasta nobelistide edu põhjus selles võidujooksus? Esiteks muidugi põhimõtetiselt oluliste rakutüüpide – koha- ja võrerakud – avastamine. Teine ühine joon on see, et mõlemad on kohe algusest püüdnud välja selgitada rakude funktsioone, isegi siis, kui see on nõudnud julgeid üldistusi, mis on nõudnud üle lünkade hüppamist. Mõlemad on püüdnud aru saada, kuidas ruumilise positsioneerimise süsteem võiks toimida.

Üks tähelepanuväärne joon on 2014. aasta Nobeli preemial veel. Läbi ajaloo on see alles neljas kord, kui preemiat jagab abielupaar. Lisaks Marie ja Pierre ning Irène ja Frédéric Curie'ele said preemia Gerty ja Carl Cori 1947. aastal glükoosi metabolismi avastamise eest. Lisaks Gunnar

Myrdal, keda tunnustati 1972. aastal majanduspreemiaga, ja Alva Myrdal, kes sai rahupreemia täpselt kümme aastat hiljem. See on väga tore, et preemia tunnustab niisugust koostöö vormi, mille ajalooline osatähtsus on akadeemilises maailmas tugevalt alahinnatud. ●

AUTORIST

JÜRI ALLIK (1949) on lõpetanud Tallinna 7. Keskkooli ja Tartu Ülikooli. Kaitsnud psühholoogiakandidaadi kraadi 1976. aastal Moskva Riikliku Ülikooli juures teemal „Nägemistaju uurimine heleduse ruumilise jaotuse analüüsi protsessis“ ning psühholoogiadoktori kraadi 1991. aastal Tampere Ülikooli juures teemal „Visuaalse kinemaatika tajumine“. Tartu Ülikooli psühholoogia instituudi juhataja ja eksperimentaalpsühholoogia professor. Tema juhendamisel on kaitsnud 16 doktori- ja sama palju magistratöid. 2010. aastast Eesti Teaduste Akadeemia akadeemik. Praegu ka Leideni ülikooli külalisprofessor.



FÜÜSIKUTE AASTA

JAAN AARIK, JAAK KIKAS

Viimase Nobeli auhindade jagamise põhjal võib öelda, et nii füüsika- kui ka keemiapreemia läks füüsikutele. Aga võib ka öelda, et füüsikapreemias oli ehk olulisemgi materjaliteaduslik-keemiline osa ja keemiapreemia üle tunnevad ehk kõige suuremat rõõmu molekulaarbioloogid.

Laias laastus võib Nobeli preemiad – vähemasti füüsikas – jagada kaheks: avastuste eest, mis pea kohe leiavad (või ongi juba leidnud) ka praktilist rakendamist tehnilistes seadmetes või uurimismeetoditena, ja fundamentaal-avastuste eest, mille praktilise rakendamise perspektiivid on ebaselged. 2014. aasta Nobeli füüsika- ja keemiaauhind kuuluvad kindlalt esimeste valda. Neid ühendavaks märksõnaks on valgus: valguse saamine ja kasutamine nanomaailma uurimiseks.

FÜÜSIKA JA SININE VALGUS

2014. aasta Nobeli füüsikapreemia pälvisid ühiselt Isamu Akasaki, Hiroshi Amano ja Shuji Nakamura „efektiivsete sinist valgust kiirgavate valgusdiodide eest, mis on võimaldanud luua eredaid ja energisäästlikke valge valguse allikaid”.

Thomas Alva Edisoni suur leiutus, mis tänapäeva Euroopas keelustatud – hõõglamp – oli kahtlemata oma aja tehniline suursaavutus. Elektrienergia muundamine kasutajale ülimalt mugavaks valguseks pani särama hämarpimedad asumid, tootmis- hooned ja kodud.

(Infra)punasest sinisesse

Kulus mõni aeg, kuni uue valgusallika puudused tõsisemat tähelepanu hakkasid pälvida. Hõõglamp on äärmiselt ebaökoonoomne valgusallikas – suur osa elektrienergiast muundub selles mitte valguseks, vaid soojuseks. Kas see „süü” nüüd nii suur on, et hõõglamp Euroopa „viisakeelu” pälviks, on muidugi iseküsimus. Ka pole hõõglambi valgus päris valge – selles prevaleerivad kollakas-punased toonid.

Otsinguteks uute, efektiivsemate

ja „valgemate” valgusallikate leidmiseks seega põhjust oli. Esimesed valgusdiodid (*light emitting diode*, LED), mis elektrienergia vahetult valguseks muundasid, olid valmistatud gallium-arseniidi baasil ja genereerisid infrapunast valgust. Just nagu laulis ansambel Vennaskond: „Võib laserikiir niidist / Veel peenem olla, tead / Ning gallium-arseniidist / Sa maalid roosaks sead / Ja laboris on pime / Sööd infrapunast lund” („Valguse võimendamine ergastatud kiirguse abil”; Allan Vainola / Tõnu Trubetsky). Esimesed taolised laboratoorsed seadmed pandi tööle 1950. aastatel.

Pooljuhtdiodide edasine areng nihutas neid järjest sinisemasse spektri- ossa. See on olnud otseselt seotud uute pooljuhtmaterjalide väljatöötamise ja rakendamisega. Võrreldes infrapunast, punast ja rohelist valgust kiirgavate diodidega, osutus siniste LED-ide

arendamine raskeks tehnoloogiliseks pähhkliks, mis nõudis aega kolm aastakümnet. Preemia teaduslikku tausta tutvustavas tekstis öeldakse: „Tänapäevased efektiivsed LED-id tulenevad pikast reast läbimurretest materjali-füüsikas ja kristallikasvatuses, edendatud heterostruktuuridel põhinevate seadmete füüsikas ja optilises füüsikas valguse väljutamise optimeerimiseks.”

Võtmematerjal oli galliumnitriid (GaN), mille kombineerimine alumiiniumnitriidi (AlN) ja indiumnitriidi (InN) lubas valmistada efektiivseid valgusdiodide ja diodlasereid nii sinise, violetse kui ka ultravioletse spektripiirkonna jaoks. Nende materjalide potentsiaali sellisteks rakendusteks teati juba 1960. aastatel. Paraku oli probleemiks eriti hea kvaliteediga, suure puhtusastmega kristallide kasvatamine nendest materjalidest, nende legerimine vajalike lisanditega

ning materjali integreerimine paljukihilistesse pooljuhtstruktuuridesse. Nende küsimuste lahendamisel oligi määrav värske nobelistide panus. Jäi veel lisada luminofoor, mis osa sinisest või violetsest valgusest kollaseks ja punaseks valguseks muundab, ja valge valguse allikad olidki loodud.

Tänavuste auhinnaasaajatega tõuseb Jaapani füüsikanobelistide arv kümneni, kokku moodustab see viis protsenti kõigist laureaatest. Tõsi, üks premeeritustest lahkus Jaapanist aastal 1999, töötab praegu USA-s ja on Jaapani süsteemi suhtes väga kriitiliselt meelestatud.

Hõõglamp, luminescentslamp, valgusdiodid ja dioodlaser

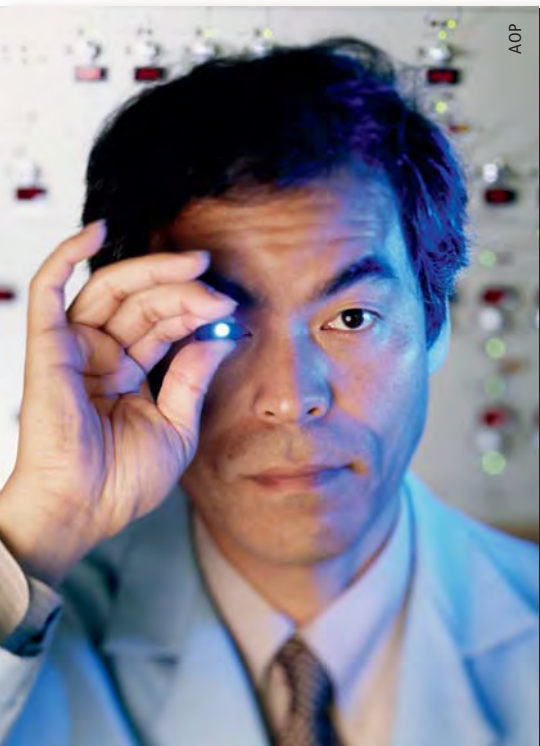
Siinkohal oleks ehk sobiv rääkida ka nimetatud seadmete töö põhimõtetest. Kolmel esimesel on see omadus, et need kiirgavad mittekoherentset valgust – st valgust, kus üksikute valguslainete faasid on juhuslikud. He-

lide maailmas räägime sellisel juhul müra-st. Mis aga hõõglampi teistest kiirgajatest eristab, on selle valguse spekter. Volframist hõõgniidi temperatuur peab jääma allapoole metalli sulamistemperatuuri (3695 K) ja sellisel juhul on enamik kiirgust infrapunane (spektri maksimum punasemas kui 785 nm). Luminescentslampides tekitab gaaslahendus elavhõbedaaurudes esmalt ultravioletset kiirgust, mis muundatakse nähtavaks sobivalt valitud luminofooridega. Infrapunakiirguse tekitamisele kuluvaid energiakadusid pole ja sellised lambid on palju ökonoomsemad. Valgusdiodides tekib valguskiirgus erimärklike laengukandjate (augud ja elektronid) rekombineerumisel ning nende spektri määrab oluliselt dioodi materjali(de) elektronseisundite energiatega jaotus (keelutsooni laius). Soovides saada erineva spektriga (näiteks sinisemat) valgust, tuleb varieerida valgusdiodi materjali.

Diodlaser on oma konstruktsioonilt lähedane valgusdiodile, töötab aga režiimis, kus osa valgusest suunatakse dioodi tagasi, et sellega indutseerida täiendavat valgust, mis oleks varem tekkinud valgusega täpselt sama lainepikkusega ja samas faasis. Selline stimuleeritud ehk sundkiirgus, millest suurem osa juhitakse dioodist välja, võib olla spektraalselt väga kitsas, teatud piirides (sama materjali juures) tüüritav ja ruumiliselt suunatud.

Miks sinine valgus hea on

Alates Newtoni aegadest teame, et valge valgus koosneb erinevatest värvilistest (erineva lainepikkusega) valgustest. Oleme harjunud maailma nägema valges valguses (päevavalguses, loomulikus valguses). Punaste ja rohelistes valgusdiodide näol olid olemas uued energiasäästlikud valgusallikad, valge valguse kokkupanemiseks sellest aga veel ei piisanud.



AOP

SHUJI NAKAMURA sündis 1954. aastal Jaapanis Ikatas, aga tal on Ameerika Ühendriikide kodakondsus. Õppis ja kaitses doktoritööd 1994. aastal Tokushima ülikoolis. Praegu California ülikooli (Santa Barbara, USA) professor.



SCANPIX

ISAMU AKASAKI sündis 1929. aastal Jaapanis Chiranis ja on Jaapani kodanik. Õppis Kyoto ülikoolis ja kaitses doktoritööd 1964. aastal Nagoya ülikoolis. Praegu Meijo ja Nagoya ülikooli professor.

HIROSHI AMANO sündis 1960. aastal Jaapanis Hamamatsus ning on Jaapani kodanik. Õppis ja kaitses doktoritööd 1989. aastal Nagoya ülikoolis. Praegu Nagoya ülikooli professor.

Nobeli füüsikaauhinna kaasnev 8 miljonit Rootsi krooni jagatakse laureaate vahel võrdselt.

Sinisest või violetsest valgusest on lihtne saada rohelist, kollast, punast või valget valgust, mida igapäevaelus kõige rohkem vajatakse. Viimane asjaolu muudabki käesoleva aasta füüsika-nobelistide saavutuse eriti nähtavaks ja seda otseses mõttes.

Tänavuste füüsikanobelistide tulemused on selle probleemi lahendanud. Tulemusena on meil olemas efektiivsed valget valgust andvad LED-allikad. Kui hõõglamp suudab valguseks konverteerida umbes neli protsenti tarbitavast energiast, siis valgete LED-ide efektiivsus küünib üle viiekümne protsendi.

Aga üks oluline rakendus, millest küll preemia kirjelduses väga palju juttu ei ole, on sinisel valgusel veel. Valgus on info- ja kommunikatsioonitehnoloogias järjest enam üle võtnud neid funktsioone, mida varem täitis elekter. Elektroonika kõrvale on ilmunud uus termin „fotoonika”. Nii liigub põhiline osa informatsiooni internetis valgusimpulssidena optilistes kaablites. Muide, just hiljuti – 21. oktoobril – tähistati rahvusvahelist fotoonikapäeva, avalikkusele suunatud üritused (loengud, demod) toimusid sellel puhul ka Tartu Ülikooli Füüsika Instituudis. Valgusel on oluline roll ka moodsas infosalvestuses – just valguse abil loetakse (ja ka kirjutatakse) CD-le ja DVD-le salvestatud informatsiooni. Infosalvestuse piiriheduse määrab seejuures ära asjaolu, kui väikeseks täpiks annab laserikiirt fookustada. Põhimõttelise piiri paneb siin valguse lainepikkus. See tõttu ongi Blu-ray tehnoloogias, kus kasutusel sinised dioodlaserid (lainepikkus 405 nm), salvestuse tihedus suurem kui DVD- ja CD-ketastel.

Kes jäi ilma?

Nobeli preemia statuudi järgi võib see olla jagatud kuni kolme teadlase vahel. Kuna teadus on olemuselt integreeritud süsteem, kus ühe teadlase

POOLJUHD – HEA EESTI ASI?

Valgusdiodide ja dioodlaserite valmistamiseks sobivate pooljuhtide ja pooljuhtstruktuuride uurimisega on tegeletud ka Eestis.

Aastal 1974 alustati toleaege Teaduste Akadeemia presidendi Karl Rebase eestvedamisel Eestis heterosiirete alaseid uuringuid, kusjuures tõuke sellise uurimistöö alustamiseks andsid just hilisema Nobeli preemia laureaadi Zhores I. Alferovi uurimisrühma saavutused heterosiiretel põhinevate valgusdiodide ja dioodlaserite väljatöötamisel. Muu hulgas oli heterosiirete programmi temaatika valikul arutluse all ka nitriidide (GaN, AlN ja InN) alaste uuringute alustamine ENSV TA Füüsika Instituudis. Eelkõige just sellepärast, et saada nähtavas spektripiirkonnas töötavaid valgusallikaid. Need materjalid jäeti aga lõpuks siiski igati põhjendatult kõrvale, kuna tookord kasutada olnud tehnoloogia ei oleks võimaldanud neid piisava kvaliteediga valmistada. Selle asemel keskenduti hoopis materjalidele, mis olid siis perspektiivsed ja on tänapäeval valdavad optilises sides kasutatavate infrapunaste dioodlaserite ja fotodiodide valmistamisel.

1974. aastal evitati Füüsika Instituudis vedelikepitaksia meetod, mis lubas valmistada valgusdiodides ja dioodlaserites rakendatavaid heterosiirdeid. 1975. aastal valmis galliumarseniidil ja gallium-alumiiniumarseniidil põhinev dioodlaser. Järgnes uurimistöö, mille eesmärgiks oli tüüritava lainepikkusega dioodlaserite valmistamine ja uute materjalide kasutuselevõtt infrapunapiirkonnas töötavate dioodlaserite valmistamisel. Selle töö tulemuslikkust näitab asjaolu, et aastal 1982 said instituudi töötajad Paavo Lõuk, Jaan Aarik, Jaak Bergmann, Andres Virro, Alar Gerst, Ahti Niilisk, Arnold Rosental, Väino Sammelselg ja Jaanus Friedenthal vabariikliku teaduspreemia töödetsükli „Pooljuht heterosiirete uurimine neliksüsteemis AlGaAsSb ja nende baasil injektioonlaserite ning kiirgusandurite loomine” eest. Aastal 1983 valmistati Füüsika Instituudis dioodlaser, mis oli tookord maailmas kõige pikemalainelisem toatemperatuuril alalisrežiimis töötav dioodlaser.

Tänapäeval uuringuid selles valdkonnas Tartus paraku enam ei tehta, kunagistest töödest aga kasvasid välja tulemuslikud uurimissuunad, mis Tartu füüsikute tegemistele hiljem tähelepanu ja tunnustust toonud, nagu aatomkihtsadestamine jt. ●

panust teise omast polegi nii lihtne eristada, on see mõnikord põhjustanud ka vaidlusi ja pretensioone Nobeli preemiate määramise järgselt (kindlasti eelnevalt ka preemiakomitee sees, millest infot aga välja ei anta). Nii sedagi puhku. Oma pettumust väljendas Nick Holonyak, kes pani aastal 1962 General Electricus töötades tööle esimese nähtavat (punast) valgust genereerinud valgusdiodi (diodlaseri). Ons sinine valgus tähtsam kui punane? Mõnedes rakendustes on ju punane või isegi infrapunane valgus palju sobivam kui sinine. Näiteks kiudoptilised side-liinid kasutavad valdavalt infrapunapiirkonnas töötavaid dioodlasereid. Eelkõige seda rakendust silmas pidades anti aastal 2000 Nobeli füüsika-preemia Zhores I. Alferovile ja Herbert Kroemerile „pooljuht-heterostruktuuride arendamise eest ülikiire elektroonika ja optoelektronika tarbeks”. Nendega koos sai Nobeli preemia ka Jack S. Kilby „panuse eest integraallülituse leiutamise”.

Samas on punase valguse muundamine valgeks valguseks äärmiselt väheefektiivne tegevus, samal ajal kui sinisest või violetsest valgusest on suhteliselt lihtne saada rohelist, kollast, punast või lõpuks ka valget valgust, mida igapäevaelus kõige rohkem vajatakse. See viimane asjaolu muudabki käesoleva aasta füüsikanobelistide saavutuse eriti nähtavaks ja seda selle sõna otseses mõttes. Nick Holonyak on aga kaudselt andnud oma panuse ka valget valgust kiirgavate valgusallikate loomisesse, sest tema uurimisrühm osales esimese kvantkihtidel põhineva dioodlaseri valmistamisel. Kvantkihtidel on aga oluline osa suure efektiivsusega valgusdiodide ja laserite valmistamisel sinise, violetse ja ultravioletse spektripiirkonna jaoks. Nick Holonyak oli muuseas John Bardeeni esimene doktorant. Sellesama John Bardeeni, kes koos Walter H. Brattaini ja William B. Shockleyga pärjati 1956. aastal Nobeli preemiaga transistori leiutamise eest. ●

2014. aasta Nobeli keemiapreemia pälvisid ühiselt Eric Betzig, Stefan W. Hell ja William E. Moerner „ülilahutusega fluorestsents mikroskoopia arendamise eest”.

Inimsilm on võimas teabehankimise instrument – enamiku infost maailma kohta saame just silmade kaudu. Ometigi on ka silmal omad piirangud – me ei suuda silmade abil näha liiga kaugeid asju ega ka liiga pisikesi.

CORBIS / AOP

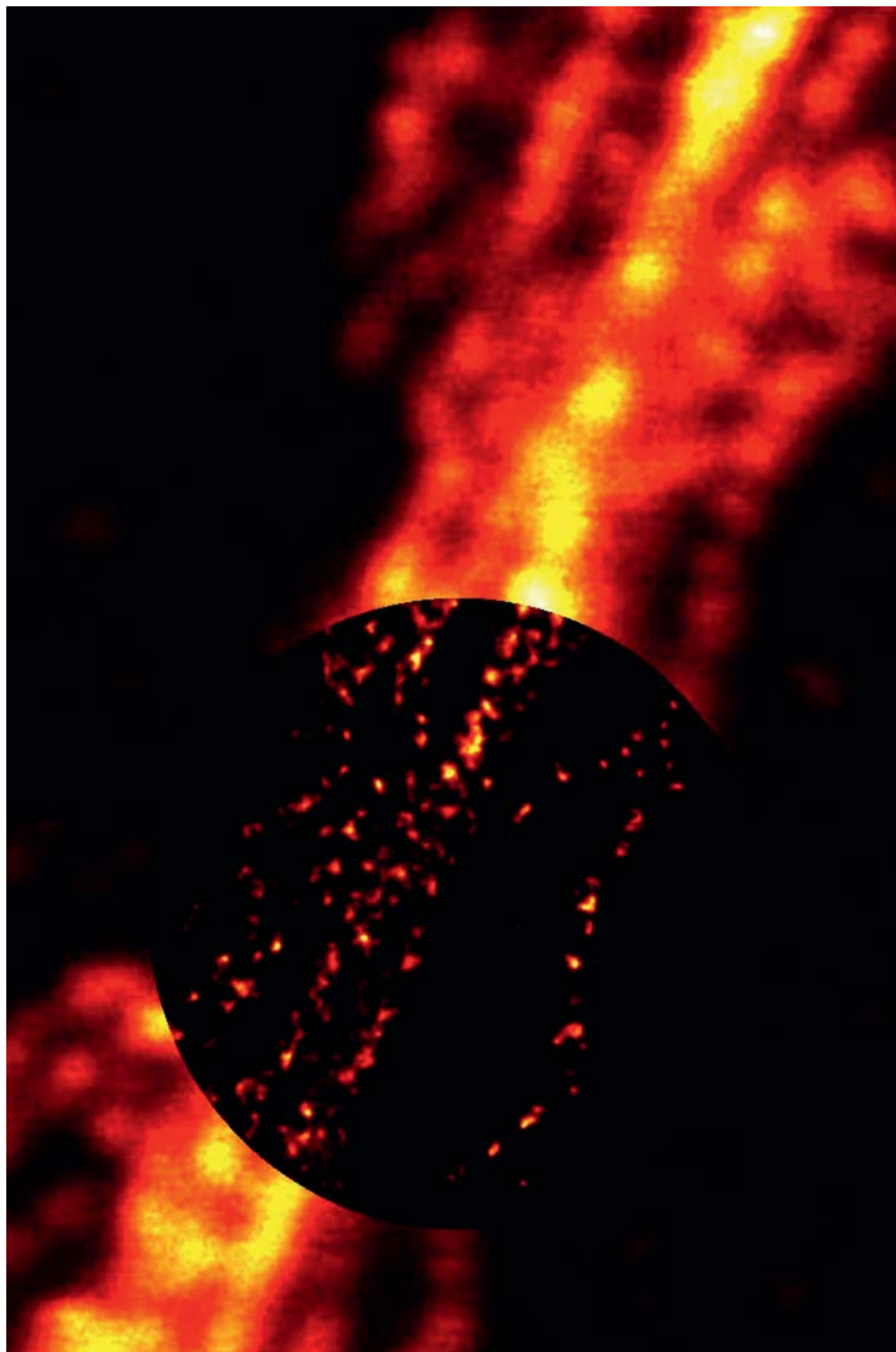
Kuhu silm ei ulatu

Teleskoobid ja mikroskoobid on optilised seadmed, mis on meie teadmiste piire oluliselt avardanud. Neid 14. sajandi lõpu leiutisi seostatakse eelkõige nende esmakasutajate Galilei ja Leuwenhookiga, keda sageli ka nende leiutajateks peetakse. Ometigi on ka valgusmikroskoobil oma fundamentaalne piirang väikeste objektide vaatamisel – sama difraktsiooniline piir, millest on juttu füüsikapreemia käsitlemisel. Tõsi, ka nanomaailma uurimiseks on leitud lahendusi – nendeks on elektronmikroskoop ja hilisem leiutis – teravikmikroskoop. Viimase puhul pole muidugi tegemist enam mitte vaatamise, vaid katsumisega – teravikmikroskoobi abil saab nanoobjekte ka aktiivselt manipuleerida.

Kuidas aga siiski valgusega?

On siiski mitu head põhjust, miks „pistasjade” vaatamine nähtava valgusega ka allpool difraktsioonipiiri suurt huvi pakub. 2014. aasta Nobeli keemiapreemia saajad on selle probleemi lahendanud kahel viisil. Mõlemat meetodit aga ühendab asjaolu, et nanomaailma vaatamiseks kasutatakse mitte uuritava objektilt hajunud valgust, nagu see toimub tavamikroskoopias, vaid valgust, mida kiirgavad objektis sisalduvad molekulid – fluorestsentsi.

Fluorestseeruvad molekulid (fluorofoorid) toimivad nanosondidena, mis annavad täpset informatsiooni oma asukohast. Tõsi, ka traditsioonilises fluorestsentsmikroskoopias kehtivad samad piirangud, mis hajunud valguse mikroskoopiaski, värskete



Närvikiud Max Plancki instituudi uudse supermikroskoobi all pildistatuna 10. detsembril 2003.



CORBIS / AOP

ERIC BETZIG sündis 1960. aastal Ameerika Ühendriikides Michigani osariigis Ann Arboris ja on USA kodanik. Õppis füüsikat California tehnoloogiainstituudis ja kaitses doktoritöö 1988. aastal Cornelli ülikoolis Ithacas. Töötas vahepeal erasektoris (isale kuuluvast Ann Arbour Machine Company's), kuid, saavutamata ärrilist edu, pöördus tagasi teadusesse. 2006. aastast juhib fluorestsentsmikroskoopia uurimisgruppi Howard Hughes'i meditsiiniinstituudis Ashburnis.



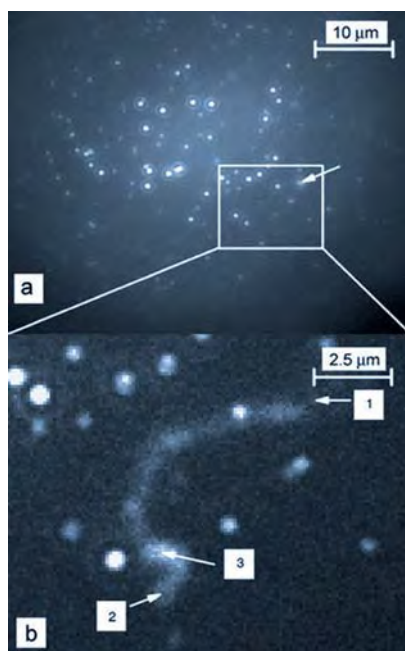
SCANPIX

WILLIAM E. MOERNE sündis 1953. aastal Ameerika Ühendriikides California osariigis Pleasantonis ja on USA kodanik. Õppis Washingtoni ülikoolis St. Louis'is ja kaitses doktoritöö 1982. aastal Cornelli ülikoolis. Praegu tegutseb professorina Stanfordi ülikoolis USA-s.

MIKRO(SPEKTRO)SKOOPIA – HEA EESTI ASI?

William E. Moerner alustas oma uurimusi esmalt mitte üksikmolekulide (fluorestsents)-mikroskoopiast vaid spektroskoopiast. Koos Lothar Kadoriga suutsid nad aastal 1989 ära mõõta üksiku lisandimolekuli neeldumisspektri, ergastusspektrite mõõtmine osutus hiljem veelgi lihtsamaks. Nende tööde kaudu jõudis Moerner hiljem ka Nobeli preemiaga pärjatud optilise kõrglahutusmikroskoopiani. See areng oli tegelikult osa pikemaajalisest suundumusest ühe suurema selektiivsuse poole tahkiste spektroskoopilisel uurimisel. Sellesse on oma panuse andnud ka Eesti füüsikud, kelle tähtsuseks võib pidada spektraalsäilamise nähtuse avastamist 1974. aastal (autorid Anshel Gorohhovski, Rein Kaarli ja Ljubov Rebane).

Võimekust näha mikroskoopiliselt üksikmolekulide kiirgust on demonstreeritud ka Tartus (vt joonis), tulemuste eest üksikmolekulide spektroskoopia alal said Karl Rebane, Artur Suisalu ja Viktor Palm (jun) 1996. aastal Eesti Vabariigi teaduspreemia.



Terrüleenü üksikmolekulid biefnööli kristallis.

M. PÄRS ET AL., J. LUMIN. 128(2008)838

nobelistide ideed lubavad meetodi ruumilist lahutust aga oluliselt parendada. Mikroskoobis paistab fluorestsenteriv molekul valguspallikesena, mille läbimõõt on võrreldav fluorestsentskiirguse lainepikkusega.

Stefan W. Hell näitas võimalust, kuidas seda „pallikest“ oluliselt kokku suruda. Selleks kiiritatakse objekti lisaks fluorestsentsi tekitavale valgusele veel teise (punasema) laseriga, mis fluorestsentsi ei ergasta, vaid stimuleeritud kiirguse abil hoopis kustutab. Stimuleeritud kiirgus on nähtus, mida teoreetiliselt ennustas Albert Einstein aastal 1916 ja mis on aluseks laserite tööle. Antud juhul seisneb aga selle roll ergastusenergia kõrvaldamises, et see ei hakkaks andma segavat fluorestsentsi. Punase kiire profiil on valitud sellisena, et selle keskel kustutamine puudub (nullintensiivsus), kasvab aga kiiresti eemaldumisel kiire teljest.



AOP

STEFAN W. HELL sündis 1962. aastal Rumeenias Aradis, kuid on Saksa kodakondne. Õppinud Heidelbergi ülikoolis, kus kaitses 1990. aastal ka doktoritöö füüsikas. Aastail 1993–1996 on töötanud ka Soomes Turu ülikoolis. Praegu on üks Göttingenis asuva Max Plancki biofüüsikalise keemia instituudi direktoreist ja Heidelbergis toimiva Saksa vähiuuringute keskuse osakonnajuhataja.

Nobeli keemiaauhinnaga kaasnev 8 miljonit Rootsi krooni jagatakse laureaate vahel võrdselt.

Seega jäävad oluliselt fluorestseeruma ja nähtavaks ainult need molekulid, mis asuvad täpselt punase kiire teljel ning selle kiire ruumiline skaneerimine võimaldab täpselt mõõta fluorofooride jaotust.

Nobeli keemiaauhinnaga tunnustatud meetodeid ühendab asjaolu, et nano-maailma vaatamiseks kasutatakse mitte uuritavalt objektilt hajunud valgust, nagu see toimub tava-mikroskoopias, vaid valgust, mida kiirgavad objektis sisalduvad molekulid – fluorestsentsi.

Eric Betzigi ja William E. Moerneri idee on mõneti erinev ja seisneb selles, et meie valguspallikese asukohta (üksiku fluorofoori kiirguse ruumilist maksimumi) on võimalik mõõta palju täpsemalt, kui seda on pallikese läbimõõt. Seda aga niikaua, kui pallikesed asetsevad piisavalt hõredalt, st ei kattu. Samas on nanoskoopilise ruumilise lahutuse jaoks siiski vaja küllalt palju fluorestsentsmarkereid sellises subdifraktsioonilises ruumalas. Mida teha? Appi tuleb protsess, mida tuntakse plinkimisena. Osutub, et paljudel juhtudel on fluorofoorid kiirgavas olekus vaid lühikese osa ajast, enamiku aega aga veedavad mittekiirgavas pimeolekus. Probleem laheneb seega iseenesest, kui „valgusperioodi” vältel saame fluorofoorilt piisavalt footoneid selle asukoha täpselt määramiseks.

Milleks see hea võiks olla?

Uued mikroskoopiameetodid on leidnud rakendust eelkõige bioloogias rakustruktuuride uurimisel. Seda tänu asjaolule, et fluorestsentsmarkerite kasutamine elusstruktuuride uurimisel oli välja arendatud juba enne kõneks olevaid nobelistide töid ja olnud eluskoe bioloogilistes ja meditsiinilistes uuringutes laialdaselt kasutusel. Liitudes teatud kindlate molekulaarsete rühmadega, teevad markerid oma kiirgusega need nähtavaks. Eel-pool kirjeldatud võtetega saab aga meetodi ruumilist lahutust oluliselt tõsta.

Kohe pärast preemia teatavaks saamist on Eric Betzig koos kolleegidega välja tulnud uue paljutöotava tulemusega. Äsja ajakirjas Science ilmunud artiklis kirjutab Betzig, et lisades kõrgele ruumilisele lahutusele ka suure ajalise lahutuse, võimaldab see jälgida paljusid kiireid rakutasandil toimuvaid protsesse (mikrotuubulite dünaamika rakkude jagunemisel jt). Ei maksa vist imestada, kui varsti kuuleme mõnest Nobeli füsioloogia-meditiinipreemiast, kus oluline roll olnud just kõneks olevate laureaate arendatud uurimismeetoditel. ●

AUTORITEST

JAAN AARIK (1951) on Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi kiletehnoloogia labori juhataja, tahkiste tehnoloogia professor, Eesti Teaduste Akadeemia akadeemik. Lõpetanud Rakvere 1. Keskkooli ja Tartu Ülikooli. Doktoritöö teemal „Titaan-, tsirkoonium- ja hafniumdioksiidide aatomkihtsadestamine: kasvumehhanismid ja õhukeste kilede omadused” kaitses Tartus 2007. Osa võtnud valgusdiodide ja dioodlaserite väljatöötamisest ENSV Teaduste Akadeemia Füüsika Instituudis, Tampere tehnikaülikoolis ja ettevõttes Coherent Inc.

JAAK KIKAS (1949) on Tartu Ülikooli korrastamata süsteemide füüsika korraline professor, Tartu Ülikooli Füüsika Instituudi direktor. Lõpetanud Tallinna 2. Keskkooli (Tallinna Reaalkooli) ja Tartu Ülikooli füüsikateoreetikuna. Füüsika-matemaatikakandidaat (tahkisefüüsika) aastast 1979. Täiendanud ennast Baseli ja Bayreuthi ülikoolis ning Müncheni tehnikaülikoolis. Kõikvõimalike muude ülesannete kõrval teaduskeskuse AHHA ja Tartu Ülikooli Teaduskooli nõukogu liige.



MARTIN ZOBEL

ELURIKKUSE VARJATUD MUSTRID

Maailmas on ökosüsteeme, mille elurikkus erineb kümneid ja isegi sadu kordi. Miks see nii on? Miks isegi nii väikesel territooriumil kui Eesti võib elurikkus erineda kordades? Mil määral on siin mängus looduse ja mil määral inimese käsi? Seda välja selgitades saame soovitada parimaid viise ökosüsteemide kaitseks ja majandamiseks.

Kuut uurimisrühma ühendava bioloogilise mitmekesisuse tippkeskuse ehk FIBIR-i eesmärgiks ongi välja selgitada, miks erineva ajaloo ja inim-mõjuga ökosüsteemide elurikkus varieerub.

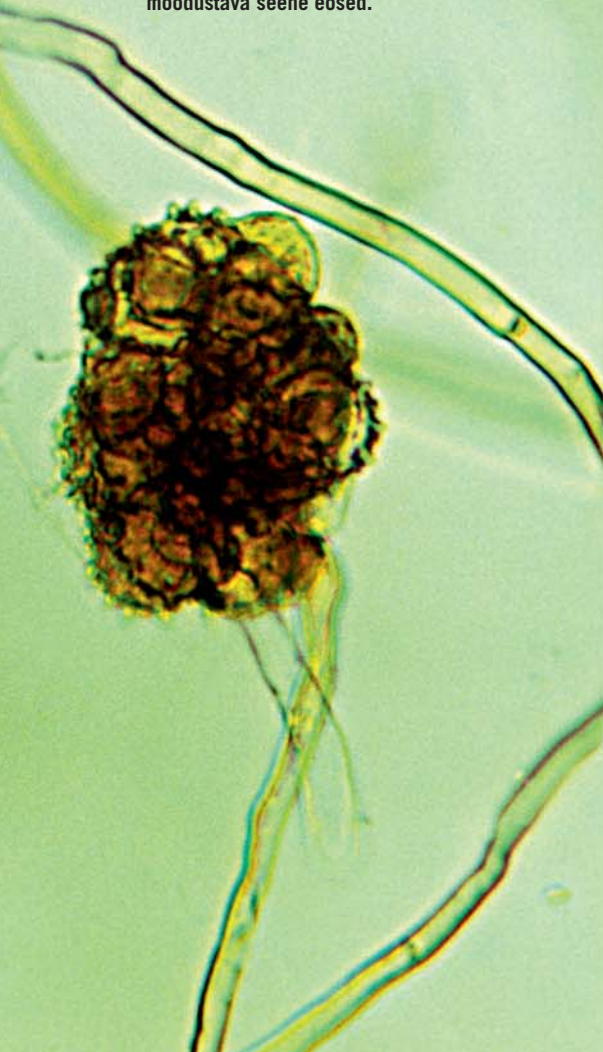
■ ■
Üha tähtsamaks muutuvad ka kliimamuutuste mõju prognoosivad uuringud, sest asub ju Eestigi suurte kliimakõikumistega alal. Seepärast on oluline välja selgitada, mis mõju avaldab temperatuuri ning õhuniiskuse prognoositav tõus nii looduslikele looma- ja taimeliikidele ning ökosüsteemidele kui ka põllukultuuridele ning metsandusele. Samuti sõltub elu-

rikkus sellest, kuidas inimene ökosüsteemides – näiteks metsades ja rohumaa del – toimetab. Inimtegevuse eesmärk on valdavalt majanduslik kasu, kuid selle kasu ökoloogiline hind võib olla väga erinev. Seega seab tippkeskus oma sihid küll kõrgele, planeerides ühistegevuses saavutada maailma teadusele huvipakkuvaid tulemusi, kuid ulatab käe ka Eesti looduse kaitsjatele ja majandajatele.

Bioloogilise mitmekesisuse tippkeskuse sünergia tekib erineva profiiliga teadlaste koostöös. Näiteks kui seni peeti molekulaarbioloogiat ja ökoloogiat teineteisest kaugel asuvateks teadusharudeks, siis FIBIR-i tegevus põhineb paljuski nüüdisaegsete molekulaarsete meetodite rakendamisel elurikkuse uurimiseks. Meie andmekogumine baseerub juba praegu laialdasel rahvusvahelisel koostööl, sh ka

Arbuskulaarsed mükoriisat moodustava seeni eosed.

SCIENCEPHOTO / AOP



Tippkeskuses saavad kokku ja inspireerivad üksteist botaanik ja zooloog, statistik ja looduse kirjeldaja, organismide vaheliste suhete uurija ja globaalne ökoloog.

troopikas, ning see trend süveneb. Molekulaarseid meetodeid kasutades astume sammu lähemale ka efektiivsete keskkonnaindikaatorite väljatöötamisele. Samuti osalevad tippkeskuse töös teadlased, kes tunnevad hästi taimi, loomi ja seeni, ning uurijad, kes tunnevad organismide füsioloogiat. Omavahelises koostöös on võimalik näiteks välja selgitada, miks mõni liik on hoolimata suurenevast inim mõjust arvukas, teine aga taandub või sureb

kogunisti välja. Tippkeskuses saavad kokku ja inspireerivad üksteist botaanik ja zooloog, statistik ja looduse kirjeldaja, organismide vaheliste suhete uurija ja globaalne ökoloog. Kõigest sellest võidab teadus, võidab ühiskond.

Elurikkusest

Elurikkuse mõistmine ja kaitsmine algab teadmisest, milline on planeedi Maa elurikkus ning kuidas see muu-

tub ajas ja ruumis. Käesolevaks ajaks on meil küllaltki head teadmised suuremate, silmaga hästi vaadeldavate organismide elurikkuse kohta. Näiteks taimeliike arvatakse Maal olevat ligikaudu 300 000, ehkki kohe peab tõdema, et uurijate hinnangud lahknevad tugevasti. Taimede suhteliselt paremini tuntud osa – õistaimed – on esindatud ligikaudu 260 000 liigiga. Ehkki Maal kasvab kindlasti veel palju seni avastamata õistaimi, on meil juba

BIOLOOGILISE MITMEKESISUSE TIPPKESKUS FIBIR

Frontiers in Biodiversity Research

JUHT

Martin Zobel

AJALUGU

Tippkeskus loodi „Teaduse tippkeskuste arendamise” meetme raames 2008. aasta juulis tegevusperioodiga 2008–2015. FIBIR on üks kaheteistkümnest Eesti teaduse tippkeskusest, mida rahastavad Euroopa Liidu Regionaalarengu Fond ning Eesti Haridus- ja Teadusministeerium.

Juhtiv asutus on Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituut.

KUUS TEADUSRÜHMA JA -TEEMAT, MILLE PÕHJAL FIBIR LOODI

Tippkeskus loodi kuue toonase sihtfinantseeritava teadusteema täitjate baasil nende tehtavate uuringute ja integratsioonil tekkivate uute uurimissuundade toetamiseks:

- Taimkattemustrid, liikide koosseksisteerimine ja seda põhjustavad mehhanismid (Martin Zobel)
- Taimede bioloogilise mitmekesisuse komponendid: seosed suure- ja väikeseskaalaliste protsessidega (Meelis Pärtel)
- Mükoriisat ja samblikke moodustavate seente ökoloogia, taksonoomia ning biogeograafia spetsiifilised ja integreeritud küsimused (Urmas Kõljalg)
- Organismide elupaiga- ja peremehespetsiifilisus ning sellest lähtuvad uuendused looduskaitsestrateegiates (Asko Lõhmus)
- Fülogeneetilised ja võrdlev-ökoloogilised uuringud loomadel (Toomas Tammaru)
- Füsioloogiline käitumisökoloogia: füsioloogiline meetod ökoloogia, käitumis- ja evolutsiooniuuringute teenistuses (Raivo Mänd)

Tippkeskusega on erineval määral seotud kokku ligikaudu 200 inimest, sh 2014. aastal 69 teadustöötajat professorist teadurini, 74 doktoranti ja 62 magistranti, lisaks spetsialistid, tehnikud jt.

Senise tegevusaja jooksul on avaldatud ligikaudu 650 teaduspublikatsiooni, lisaks arvukalt populaarteaduslikke artikleid, määrajaid ja käsiraamatuid. Teaduse populariseerimiseks on tippkeskus korraldanud ja osalenud mitmete avalikkusele suunatud ettevõtmiste läbiviimisel, sh Eesti ökoloogiakonverents, taimede lummuse päev, elurikkuse päev ja mitmed teised. Seni peetud ligikaudu sajalt kõigile avatud vabal teadusseminaril on osalenud kokku ligikaudu 4000 kuulajat. Info: <http://fibir.ut.ee/>

praegu küllalt hea ettekujutus nende levikust ja mitmekesisusest. Näiteks on hästi teada, et elurikkus suureneb poolustelt ekvaatori suunas – see ei kehti muuseas mitte üksnes taimede, vaid enamiku organismide kohta. Kui teadlased veel arutavad, mis võiksid olla sellise mustri sügavamad põhjused, võib üldjoontes väita, et troopiliste alade suurem elurikkus seondub nende suurema pindala ning vanusega, mis on summaarselt andnud rohkem võimalusi liigitekketuks. Samas ei jaotu elurikkus ka ekvatoriaalsetel aladel ühtlaselt.

Viis liigirikkuse tulipunkti

Mõned piirkonnad Maal paistavad silma erilisel kõrge liigirikkusega – neid nimetatakse bioloogilise mitmekesisuse tulipunktideks (ingl *biodiversity hotspots*). Näiteks õistaimede puhul räägitakse viiest eriti liigirikkast tulipunktist, kus umbes 10 000-ruutkilomeetrise alal esineb rohkem kui 5000 liiki (võrdluseks – Eestis kasvab ligikaudu 1400 liiki õistaimi, arvestamata n-õ pisiliike). Need tulipunktid on Costa Rica, Brasiilia Atlandi ookeani ranniku metsad, Ida-Andide troopiline

osa, Põhja-Borneo (Sabah) ning Uus-Guinea. Kokku hõlmavad need alad 0,2 protsenti maismaast, kuid seal kasvab 18 500 liiki ainult nendele piirkondadele omaseid endeemseid taimi (ligikaudu 7 protsenti õistaimede arvust).

Tulipunktide erilisus seondub nende unikaalse evolutsioonilise ajalooga, mis on soodustanud liigiteket ja pärsinud väljasuremist. Loomulikult on Maal palju muidki silmapaistvalt mitmekesisuse piirkondi. Siin on veel palju avastada, kuid üldine ettekujutus suuremate, silmaga hästi vaadeldavate organismide elurikkusest Maal on praeguseks olemas.

Elurikkuse uurimine on ka kätte

Mõned piirkonnad Maal paistavad silma erilisel kõrge liigirikkusega – neid nimetatakse bioloogilise mitmekesisuse tulipunktideks.

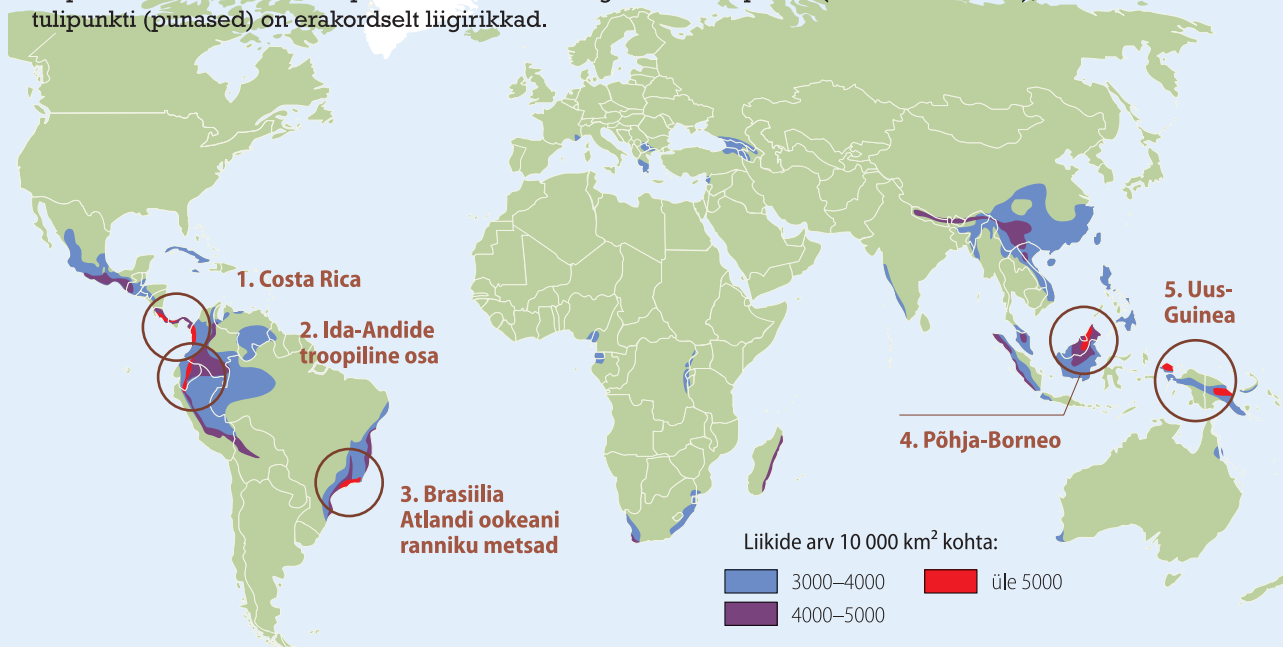
näidanud peamised ohud, millega looduslikel liikidel tuleb silmitsi seista. Kui varasematel aastatel on uuritud eelkõige linde ja imetajaid ohustavaid tegureid, siis viimastel aastatel on kogunenud rohkem infot ka taimede kohta. Kew' botaanikaaias, Londoni loodusloomuuseumi ning rahvusvahelise looduskaitseliidu (*International Union for Conservation of Nature, IUCN*) ühises ülevaates aastast 2010 tõdetakse, et Maa taimeliikidest ligikaudu viiendikku ähvardab otsene väljasuremine, lisaks on veel kümnendik ohualtid. Peamised ohutegurid on elupaikade hävitamine, aga ka seni säilinud elupaikade saastamine, kliimamuutused, intensiivne maakasutus, võõrliikide mõju ning muud tegurid.

Inimtegevus ei jäta liikidele ruumi

Ajalooliselt on mitmed inimtegevuse vormid loodusega suhteliselt hästi kokku kõlanud. Ehkki põllumajandus on juba ajalooliselt tinginud looduslike ökosüsteemide hävimise, on mõnel juhul tekkinud uued ökosüsteemid, mis ei jää elurikkuselt ja iseregulatsioonivõimelt alla looduslikele.

Soontaimede liigirikkuse tulipunktid maailmas

Eriliselt kõrge liigirikkusega silma paistavaid piirkondi maailmas nimetatakse bioloogilise mitmekesisuse tulipunktideks. Soontaimede puhul eristatakse 20 liigirikkuse tulipunkti (kaardil värvilised), neist viis tulipunkti (punased) on erakordselt liigirikkad.



Allikas: W. BARTHOLOTT jt. Global Centers of Vascular Plant Diversity. Nova Acta Leopoldina NF 92, nr 342, 61–83. 2005

PNS Infograafika / Kaarel Damian Tamre

Näiteks võib tuua Eestiski levinud poollooduslikud rohumaad, mis on kujunenud pikaajalise väheintensiivse inimõju tingimustes.

Nüüdisaegne intensiivne põllumajandus, mis põhineb monokultuuride kõrgtehnoloogilisel hooldamisel, ei jäta paraku enam palju ruumi elurikkusele. Samalaadne on olukord metsadega. Kuigi inimene on ajalooliselt hävitanud palju metsi, jäi sageli siiski suhteliselt palju metsaalasid intensiivsest kasutusest välja. Praegu levib üha laiemalt praktika, et kui mets ka säilib, suhtutakse sellesse samamoodi kui põllumajanduslikku monokultuuri – looduslikud elurikkad ja isereguleerivad ökosüsteemid asendatakse istandikega, kus muu hulgas kasvatatakse ka võõrliike – peamine eesmärk on puidutootmise maksimeerimine minimaalse ajaga.

Ökoloogid on elurikkust ohustavatele teguritele viimastel aastakümnetel märkimisväärselt tähelepanu osutanud. Viimase paarikümne aastaga on kogunenud piisavalt tõendeid aga selle kohta, et elurikkusest olenevad nn ökosüsteemide teenused (ingl *ecosystem services*) – inimesele olulised ökosüsteemide omadused. Ökosüsteemi teenuste hulka kuulub näiteks biomassi tootmine, mitmesugused regulatiivsed omadused nagu tolmeldamine, erosiooni vältimine, veeringe reguleerimine, aga ka puhtalt esteetilised ja vaimsed väärtused. Teadlased on kaardistanud elurikkuse seisundit, soovitanud meetmeid ökosüsteemide optimaalseks majandamiseks ja liikide kaitseks. Üha rohkem räägitakse – tõsi küll, eelkõige rikastes riikides – ökosüsteemide taastamisest. Vastav teadusharu – taastamisökoloogia (ingl *restoration ecology*) – on arenenud hiigelsammudega ning pöörab üha enam fookuse keskkonnatingimuste taastamiselt elurikkuse ja ökosüsteemi funktsiooni taastamisele.

Nüüdisaegne intensiivne põllumajandus, mis põhineb monokultuuride kõrgtehnoloogilisel hooldamisel, ei jäta palju ruumi elurikkusele. Samalaadne on olukord metsadega.

EM-SEENTE RIKKUS PARASVÖÖTMES

Lisaks AM-seentele pööravad FIBIR-i teadlased suurt tähelepanu ka teistele organismigruppidele, mille elurikkuse mustrid on vähe tuntud. Üheks põnevaks uurimisobjektiks, millega tegeleb professor Urmas Kõljala töörühm, on teine suur seenerühm – ektomükoriisat moodustavad seened ehk EM-seened.

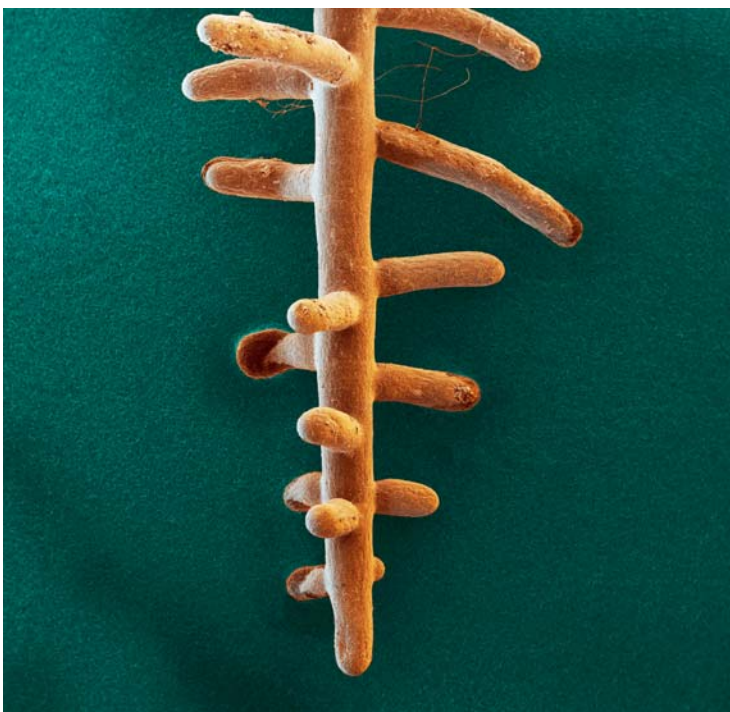
EM-seente niidistik moodustab taimejuurtel struktuure, mis on reeglina palja silmaga nähtavad ja tihti seeneliigist sõltuvalt eri värvi. Seda tüüpi seenjuurt moodustavad liigid kuuluvad kand-, kott- ja ikkeseente hulka ning neid on teadusele kirjeldatud enam kui viis tuhat liiki. Ektomükoriisa esineb enamasti puujuurtel ning vähemal määral ka pöösastel ja rohttaimedel.

EM-seentel võivad olla silmale nähtavad viljakehad, mõnel juhul võib tegu olla meile tuttavate söögiseentega, nagu näiteks puravikud ja riisikad; seeneniidistik jääb aga enamasti silmale nähtamatuks, levides lagunevas puidus, kõdus ja mulla eri horisontides. Mitmed tavalised EM-seened moodustavad aga maa-aluseid viljakehi, nagu näiteks trühvlid. Eriti palju on maa-aluse viljakehaga EM-seeneliike Austraalias, mis on ilmselt kohastumus väga kuiva kliimaga. Selliste liikide eoseid levitavad kas närilised või teatud putukate rühmad. Maapealsetes viljakehades arenevad eosed levivad valdavalt tuule abil.

EM-seente elurikkus Maal on ainulaadne seetõttu, et muude organismide puhul tavalist trendi – liikide arvu suurenemist poolustelt ekvaatori suunas – pole nende puhul täheldatud. Kõige elurikkamad EM-seenekooslused esinevad hoopis parasvöötmes, kus esineb rohkesti nende seentega sümbioosis elavaid puid.

Lisaks sellele olulisele avastusele avaldasid FIBIR-i teadlased esimesena uurimuse ühe kindla puu juurtel esinevate EM-seeneliikide arvukuse kohta. Seeneliikide määramiseks puujuurtelt kasutati geenijärjestusi ja leiti, et Järvselja metsas kasvava vanema haava juurtel esineb ligi kakssada EM-seeneliiki. See on oluliselt rohkem kui siiani eeldati.

FIBIR-i teadlased on uurinud väga põhjalikult ka lepa juurtel esinevaid EM-seenekooslusi Aasiast Lõuna-Ameerika mägedeni. Uurimused näitasid, et kõikjal on lepa juurtel spetsiifilised, ainult temale omased seeneliigid. See on oluline erinevus, võrreldes teiste puuliikide rühmadega, kus võivad esineda samad EM-seeneliigid. ●



Ektomükoriisa juuretippudel.

DNA aitab avastada nähtamatut elurikkust

Kõik eeltoodu põhineb makroskoopiliste organismide uurimisel ning see on ka loomulik, sest esmajoones tuleb uurida seda, mida olemasolevad tehnilised vahendid – või siis tehniliste vahendite puudumine – võimaldavad. Kuna FIBIR ühendab erinevate meetodiliste oskustega uurijaid, on bioloogilise mitmekesisuse tippkeskuse üks (aga kaugeltki mitte ainus) uenduslik suund nähtamatu elurikkuse uurimine.

Niisugune uurimissuund saab võimalikuks siis, kui kasutatakse molekulaarseid meetodeid. Keskkonnast kogutakse proovid – olgu selleks muld, vesi või taimejuurte jm elusa loodusega seonduvad komponendid – ja eraldatakse seal leiduv pärilikkuseaine DNA. Edasi määratakse DNA molekulides nukleotiidide järjestus, mida kasutatakse organismide määramiseks analoogselt silmaga nähtavate morfoloogiliste tunnuste tarvitamisele liikide eristamisel.

DNA järjestuste alusel saame andmeid silmale nähtamatu elurikkuse kohta. Need võivad olla mikroobsed organismid, näiteks bakterid, vetikad või seened, kelle liike on võimalik pärilikkuseaine abil ära tunda. Samas aitavad molekulaarsed meetodid põhjalikumalt uurida ka suuri organisme. Näiteks taimede puhul on alati võimalus, et mingi liik on puhkeolekus ja esineb mullas eoste, seemne või risoomina, kuid maapealses taimkattes teda vaadelda ei õnnestu. Nii saame DNA-d liikide määramiseks kasutades täielikuma ettekujutuse taimede elurikkusest, võrreldes n-õ palja silmaga tehtud uurimisega.

Eriti kasulik võib niisugune lähene mine olla ajaloolise elurikkuse uurimisel. Mõnel juhul – näiteks igikeltsas – on säilinud iidne DNA, mis võimaldab

teha tagasisivaate ajalukku ja kirjeldada elurikkust kümneid tuhandeid aastaid tagasi.

Napid teadmised mikroobide levikust

Pärilikkuseaine kasutamine mikroobsete organismide uurimisel võimaldab tundma õppida nende elurikkust Maal. Kui palju me praegu teame mikroobide elurikkuse varieerumisest poolustest ekvaatorini, nende elurikkuse tulipunktidest, inim mõjust mikroobidele ning liikide ohustatusest? Tuleb tõdeda, et väga vähe.

Loodusteaduste klassikaline ettekujutus mikroobide elurikkusest kajastub hästi Hollandi botaaniku ja mikrobioloogi Lourens Baas Beckingi (1985–1963) töödes. Uurides 20. sajandi kahekümnendatel aastatel California soolajärvede mikroobe, sõnastas ta oma kuulsa hüpoteesi: mikroobsed organismid levivad kõikjale (on kõikjal), kuid keskkond valib (*everything is everywhere, but the environment selects*). Lahtiseletatult tähendab see, et erinevalt n-õ suurtest organismidest ei ole mikroobidel levimispiiranguid, nad levivad mitmesuguste keskkonnajõudude mõjul (tuul, vesi) suurte vahemaade taha, aga kohapealsetest keskkonnatingimustest sõltub see, kas nad igas konkreetses ökosüsteemis suudavad ellu jääda ja edukalt paljuneda. Paraku ei lubanud tollal uurijate käsutuses olnud vahendid, näiteks mikroobide eraldamine loodusest, kultivee-

rimine laboratooriumis ja määramine mikroskoobiga, koguda piisavat andmestikku selle hüpoteesi toetuseks või ümberlöökamiseks.

Viimasel kümnel aastal on DNA-põhine liikide määramine oluliselt täiendanud meie ettekujutust mikroobsete organismide elurikkusest Maal. Üha rohkemate organismide kohta on näidatud, et nende levik Maal on siiski piiratud, st mitte kõik liigid ei esine igal pool, vaid mõnesid piirkondi iseloomustavad üksnes neile ainuomased liigid. Samuti on näidatud, et sarnaselt suurte organismidega mõjub ka osale mikroobidele negatiivselt inimtegevus ning inimesest mõjutatud piirkondades seisame silmitsi mikroobide elurikkuse olulise vähenemisega.

Siiski oleme praegu mikroobide leviku uurimistee alguses, tegelikult piisavalt täpselt kajastava maailmapildi kujundamiseks on vaja veel palju rohkem andmeid.

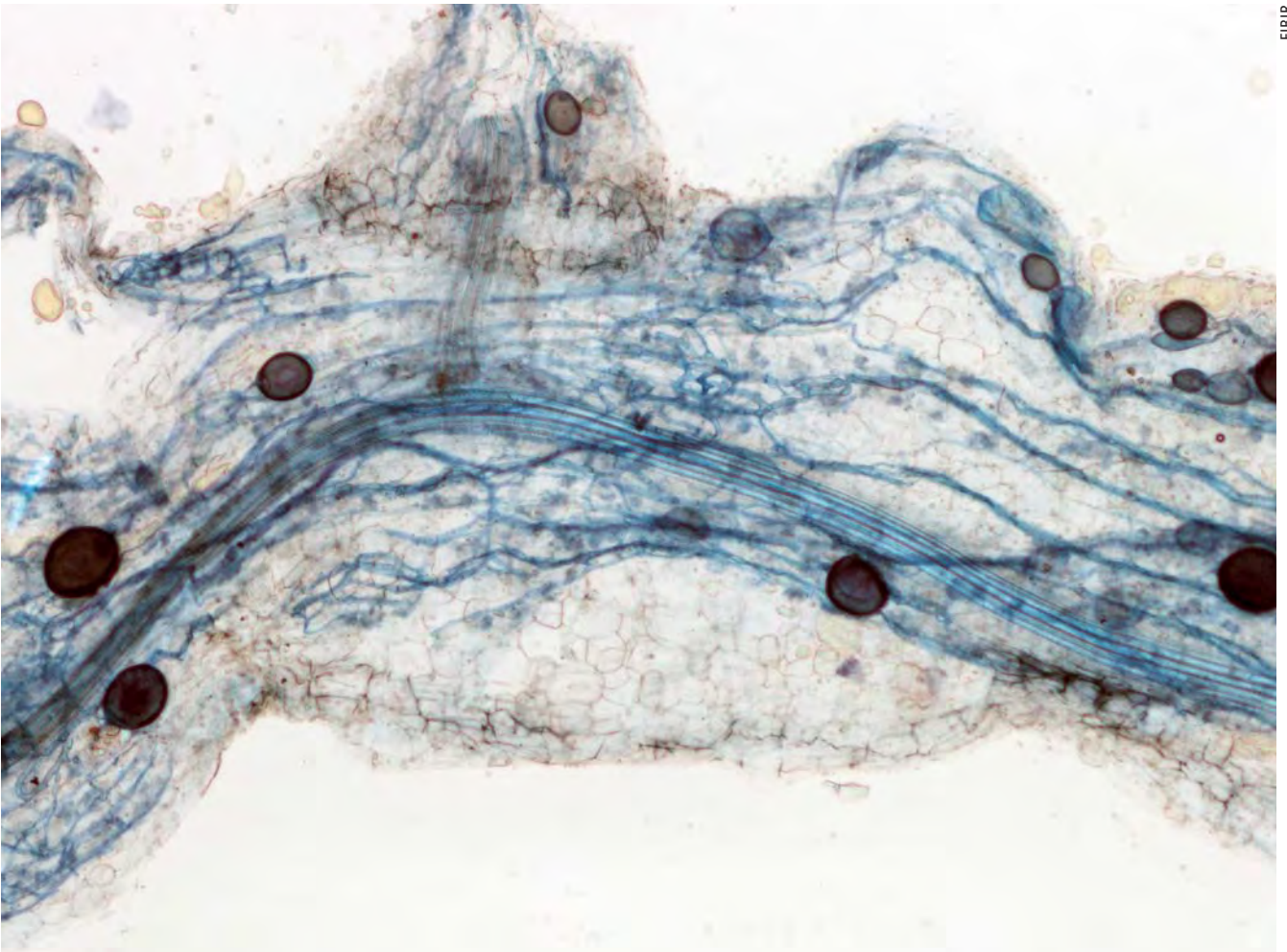
AM-seened ja FIBIR-i teadlaste avastus

FIBIR-i teadlased osalevad võidujooksus, mida peetakse Maa mikroobse elurikkuse kirjeldamise nimel, keskendudes spetsiifilistele organismirühmadele. Näiteks on üheks meie uurimisobjektiks taimedega koos elavad sümbiontsed seened, mis moodustavad seenjuure ehk mükoriisa. Mükoriisset ühendust on mitut tüüpi. Neist levinuim on arbuskulaarne mükoriisa

Mõnel juhul – näiteks igikeltsas – on säilinud iidne DNA, mis võimaldab teha tagasisivaate ajalukku ja kirjeldada elurikkust kümneid tuhandeid aastaid tagasi.



Eestis harilik rohttaim ojamõõl kasvab samasugusel mullal koos AM-seentega (suur taim) ja ilma. See näitab, millist positiivset mõju sümbiontne seen taimale avaldab: samadel mullatingimustel kasvab AM-seenega taim tunduvalt suuremaks, seen aitab tal efektiivsemalt hankida toitaineid ja vett ning kaitseb patogeenide eest.



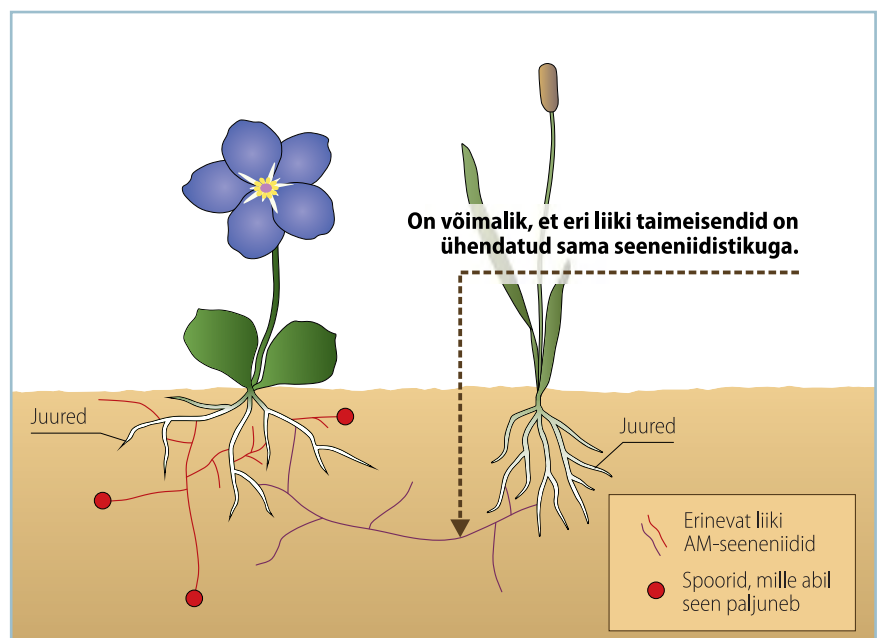
Mikroskoobifoto siniseks värvitud AM-seeneniidistikust taime juurtes. Siin on hästi vaadeldav, kuidas sümbiontne seen välja näeb. Fotol näeme ka ka AM-seente sporeid, mille abil seen levib ja paljuneb.

(AM), mille puhul seenpartneriks on mikroskoopilised krohmseened (hõimkond *Glomeromycota*) ning taimpartneriteks enamik maismaataimi, aga ka mõned veetaimed.

Arbuskulaarne mükoriisa on oluline sümbioos pea kõigis – looduslikes ja inimõjulistest – maismaaökosüsteemides, erandiks on üksnes äärmuslikult külmad, kuivad ning häiritud elupaigad. Parasvöötmes leiame AM-seeni pea kõigi rohhtaime juurtes ning vähemal määral põõsastel ja puudel, troopikametsade puud seevastu on valdavalt AM-seentega kooselulised.

Kas mikroobsetel organismidel esineb seaduspärasus, et poolustele lähedased alad on liigivaesemad ning elurikkus kasvab ekvaatori suunas, selles osas on andmed vastuolulised. Pärilaste uurijate väitel sellist trendi mikroobidel ei esine, ehkki see väide võib olla tingitud andmete vähesusest.

SEENENIIDISTIK VÕIB ÜHENDADA ERINEVAID TAIMI





ARNE ADER

FIBIR

21. sajandi linnuteadus on tunginud molekulaarse mikrobioloogia laborisse: püüdnud näha, kasvab või ei kasvab rasvatihi sulgedele, et uurida selle selektiivset mõju sulebakterite koosluse parameetritele.

LINDUDE JA BAKTERITE KOOSSELU

FIBIR-i teadlaste huviorbiiti kuuluvad ka loomsete organismidega koos elavad mikroobid. Näiteks uuritakse Raivo Männi töörühmas lindude sulestikus elunevate bakterite mitmekesisust.

Nagu on inimese puhul leitud, et meie sisikonnas, nahal ja mujal elunevad bakterid kujutavad endast terviklike ökosüsteeme ehk mikrobiome, mille liikmed on loendamatute keeruliste sidemete kaudu ühendatud nii omavahel kui ka oma peremeesorganismiga, nii ei ole ka lindude sulgedel leiduvad bakterid pelgalt „kaasreisijad“, vaid käsitletavat terviklike ökosüsteemidena, mille tasakaalu rikkumine võib linnule kaasa tuua halbu tagajärgi.

Piltlikult võib linnu sulestikku kujutada metsana, kus elutsevad sadadesse erinevaise liikidesse kuuluvad miljonid tillukesed olendid. Meie teadlaste hiljutised tööd näitavad selgesti, et sellise „metsa“ elanike koosluses valitsevad kindlad seaduspärasused – sesoonsed-ajalised rütmid, ruumiline muster ning reeglipärased seosed peremeesisendite elupaiga, soo ja konditsiooniga.

Milles konkreetselt seisneb aga sulebakterite mõju peremeeslinnule? Liiga arvukaks muutunud sulgilagundavad bakterid kahjustavad näiteks lindude lennuvõimekust ja sulestiku soojuspidavust. Meie uuringute tulemused viitavad, et bakterid muudavad ka sulgede värvusomadusi ja võivad selle kaudu mõjutada isegi partnerivaliku efektiivsust. Patogeensed bakterid võivad aga kanduda läbi muna-koore pooride lootesse või otse pesapoegade organismi.

Samas on andmeid, et kasulikud bakteriliigid võivad kahjulike toimet pärssida, toimides omamoodi vaktsiinina, kusjuures sulestiku korrastamisel kasutataval pärani-punäärme nõrel on arvatud olevat mikroobikooslust optimeerivad selektiivsed omadused. Hiljuti õnnestus FIBIR-i teadlastel esmakordselt saada sellele hüpoteesile ka eksperimentaalset kinnitust: näiteks selgus, et ebasoodsates toitumis-oludes, kui linnu vanematel ei jäänud toiduotsimise kõrval piisavalt aega sulestiku hooldamiseks, kasvas seal lisaks bakterite arvukusele ka liigirikkus, kusjuures muutused olid erinevate bakteritaksonite osas tõepoolest selektiivsed. ●

FIBIR-i teadlased on esimesena näidanud, et AM-seente puhul antud seos kehtib – nende elurikkus põhjapoolsetes ökosüsteemides on madal ning kasvab ekvaatori suunas.

Aga kuidas on siis lood liikide globaalse levikuga, mida ennustab klassikaline Baas Beckingi hüpotees? AM-seened elavad ja seega ka moodustavad eoseid mullas ning seeneriigi standardi järgi on neil väga suured eosed (30–700 µm). Seetõttu võiks eeldada, et nad on halvemad levijad kui muud mikroobid ja Baas Beckingi hüpoteesi (kõik on kõikjal!) kehtimine oleks seega ebatõenäoline. Vastu ootusi näitavad meie andmed aga vastupidist. Enamik AM-seeneliike on levinud globaalselt: samu liike võib kohata nii Aasias, Ameerikas kui ka Austraalias.

Kuidas on AM-seened hoolimata oma eeldatavalt halvast levimisvõimest suutnud maailma vallutada, selle üle võime ainult spekuloida. Ilmselt on oma roll selle organismirühma evolutsioonilisel vanusel. Olles tekkinud 400 miljonit aastat tagasi, st enne mandrite lahkumist, on neil olnud piisavalt aega levida kõikjale. Ka on AM-seeneliike maailmas üldse suhteliselt vähe (mikroskoobi abil välimuse põhjal eristatavaid liike veidi üle 200) ning ilmselt eksisteerib üksnes väike arv selliseid liike, mis oleksid evolutsioneerunud hiljem ning esineksid seetõttu üksnes mingis kindlas piirkonnas Maal. Samas näiteks paljude taimede ja loomade puhul kohtame suurel hulgal nn endeemseid liike, mis on iseloomulikud vaid kindlale piirkonnale ning on tihti tõenäoliselt ka vastavas regioonil evolutsioneerunud.

Ka ei anna praegused andmed alust rääkida AM-seente mitmekesisuse tulipunktidest. Kõrge elurikkusega ökosüsteeme leidub Maa eri paikades, aga ükski geograafiline piirkond ei tõuse teiste seast selgelt esile. Seega on AM-seente elurikkuse muutumisel

FIBIR-i teadlased on esimesena näidanud, et ka AM-seente elurikkus põhjapoolsetes ökosüsteemides on madal ning kasvab ekvaatori suunas.



Professor Martin Zobel ja bioloogia magistrant Rahel Valdmaa TÜ Ökoloogia ja Maateaduste Instituudi laboris.

ühisjooni suurte organismidega (ekvatoriaalsed alad on liigirikkamad), aga ka erinevusi (puuduvad elurikkuse tulipunktid).

AM-seened tulevad appi ökosüsteemide taastamisel

FIBIR-i teadlasi on huvitanud ka inimese mõju AM-seentele. Kas võib reaalselt esineda olukord, et inimtegevus surub AM-seente elurikkuse alla ning sellest johtuvalt ei leia taimeliigid enam endale mullast sobivat seenpartnerit? Tulemused näitavad, et nii see on.

Intensiivne maakasutus, näiteks põllumajandus, toob kaasa mullas elava AM-seenekoosluse muutumise ning häirimist hästi taluvate seeneliikide arvukuse tõusu. Ka endisele põllule rajatud kuusenoorendiku mullas esineb vaesunud AM-seenekooslus, seal saavutavad ülekaalu häirimist taluvad seeneliigid. Samas näiteks orgaanilise põllu mulda iseloomustab elurikas AM-seenekooslus, kus on mitmeid rohumaadele omaseid seeneliike. Sellest võib teha kaks olulist järeldust.

Esiteks võib inimtegevuse tagajärjel muutunud AM-seenekooslus osutada ebasobivaks teatud põllu- ja aiakul-

tuuridele, mis oma elutegevuses sõltuvad tugevasti AM-seentest (nt maasikas jt roosõielised, aga ka kõrsviljad, oad-herned, kurgid-tomatid, viljapuud, ilu- ja maitsetaimed jm).

Teiseks tõstatub sobivate AM-seente olemasolu küsimus teravalt seal, kus degradeeritud aladel (jäätmad, erosiooni käes kannatavad alad, endised tootmisalad jms) tahetakse taastada elurikast ökosüsteemi. Sümbiontsete seente puudumine takistab looduslike taimede levikut isegi siis, kui neid taimeliike kohapeal loodusesse külvata. Kuigi ökosüsteemide taastamistehtnoloogiate väljatöötamisel on veel paljutki teha, kasutatakse taastamisel üha sagedamini nn mullaga inokuleerimist. See tähendab, et taastatavasse ökosüsteemi tuuakse lisaks taimede seemnetele või istikutele ka mulda sellisest rikkumata ökosüsteemist, mille sarnaseks tahetakse taastatavat ala kujundada. Koos mullaga tuuakse kohale sümbiontsed AM-seened, aga ka mitmesugused teised mikroorganismid, kelle kaasabil kujuneb uues kohas järk-järgult välja elurikas ökosüsteem.

Kõrvalepõikena võime veel märkida, et AM-seentel endil on üsna oluline roll mulla kujunemisel. Seente hüüfid

eritavad suures koguses orgaanilist ainet nimega glomaliin – keemilises mõttes on tegemist raskesti laguneva glükoproteiiniga. Glomaliin seob mulda osakesi üksteise külge, andes seeläbi mullale püsiva struktuuri ja suurendades selle veesidumisvõimet. See aitab mullal täita olulist ökoloogilist funktsiooni – olla kättesaadavate toitainete ja vee stabiilseks varuks.

Need olid vaid paar näidet nähtamatust elurikkusest ja selle kirjeldamisest. Uurimisvaldkond on aga väga lai ja palju põnevaid avastusi seisab ilmselt veel ees. ●

Autor tänab artiklit ette valmistada aidanud Edgar Karofeldi, Ülle Saksa, Maarja Öpikut, Raivo Mändi ja Urmas Kõljalga.

AUTORIST

MARTIN ZOBEL (1957) on lõpetanud Gustav Adolphi Gümnaasiumi ja Tartu Ülikooli bioloogina. 1984. aastal Tartus kaitsnud doktoritöö teema oli „Eesti rannikulähedaste loopealsete taimekoosluste ökoloogia ja dünaamika“. Töötanud ka Kopenhaageni ja Uppsala ülikoolis. Tartu Ülikooli taimeökoloogia professor. Pälvinud kahel korral – 1995 ja 1998 – Eesti Vabariigi teaduspreemia, alates aastast 2009 Eesti Vabariigi teaduspreemiate komisjoni liige. Eesti Teaduste Akadeemia akadeemik aastast 2010.

MOODNE ja ühtlasi VANAMOODNE

200 aastat Karl Ernst von Baeri
doktoritöö ilmumisest



WIKIMEDIA

1814. aasta sügisel kaitses Karl Ernst von Baer doktoritöö eestlaste endeemilistest haigustest. Raamatuke on tõlgitud ka eesti keelde ning Baeri kirjutatu erutab siiani tema kaasmaalasi, seda eeskätt tänu märkustele, mida kuulus loodusuurija tegi maa-rahva väljanägemise, iseloomu ja eluviisi kohta. Meditsiiniloolased on Baeri doktori- tööd käsitlenud eeskätt kui meditsiinigeograafilist uurimust, st kui maastikuliste tunnuste kaardistamist, ees- märgiga seostada neid tervisenäitajatega. Baer kirju- tab tõepoolest, et „inimese kombed jälgendavad maakoha loodust”.

Baer kirjutas oma töö murrangulisel ajal. Ta õppis arstiks perioodil, mil meditsiinis toimus üleminek antiikse nn humoraalteooria pinnalt uue, juba uusaegsetel loodusteadustel põhineva solidaarpatoloogia suunas. Minevikku oli jäämas senine holistlik haiguskäsitus, sündimas oli uus loka-

listlik õpetus – selline, mis paigutas haiguskolde inimkeha kudedesse.

Murrang võttis aega, sest loodusteadused, näiteks füsioloogia, raku- teooria, biokeemia, alles kogusid hoogu. Mõned valdkonnad, nagu mikro- bioloogia, ei olnud veel sündinud. Olu- korda raskendas seegi, et uusajal oli teadlaste otsingute käigus tekkinud

mitmeid elujõulisi vahevorme antiik- se õpetuse ja moodsa loodusteaduse vahel. Paistab, et ka Baer oli kursis 18. sajandil oma kõrgaega nautinud teo- riatega, mida võib mahutada mõiste „vitalismiõpetus” alla. Ta mainib oma töös mõisteid, mida kahesaja aasta taguses kontekstis tuleks käsitleda nende teooriate raames, mis nägid ini-

mese haigestumise taga „erutuvusega” seotud küsimusi ning mis muu hulgas töid ravimikappidesse oopiumi (kui „rahusti”) ja alkoholi (kui „erguti”).

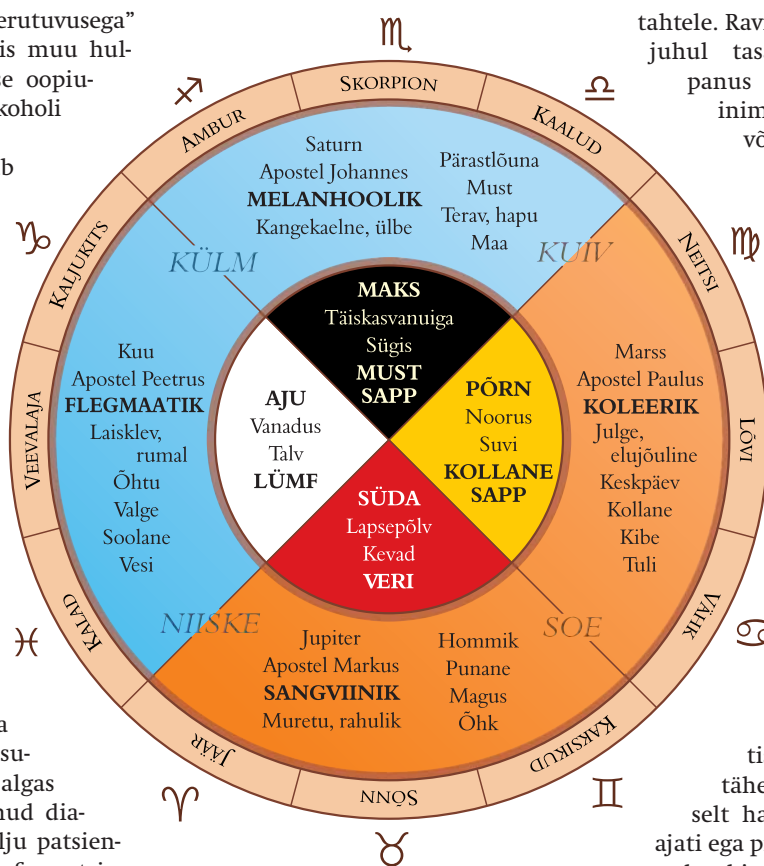
Uutest tuultest aimub Baeri töös füsioloogia saavutusi, ta räägib hapnikust ja elektrilisest nähtusest organismis. Baer kiitis ka arstitudengite kliinilist õpet, samuti kujunevat hügieeniõpetust, mis sõnastas oma eesmärgina haiguste ennetamise. Baer teadis ja propageeris rõugetevastast vaktsineerimist.

1814. aastal oldi väga lähedal ka murangule diagnoosimistehnoloogiate vallas. Juba kahe aasta pärast võeti kasutusele stetoskoop ning algas ajastu, kus arst ei sõltunud diagnoosimisel enam nii palju patsiendilt suuliselt laekuvast informatsioonist, mis võis tekitada vääritimõistmist; ka sellist, mida Baerile teinekord ette heidetakse.

Baer ja humoraalteooria

Kuni 19. sajandini püsis meditsiinis elujõuline nn humoraalteooria (humoralism), mille kohaselt olid inimese puhul keske tähtsusega neli nn kehavedelikku: „veri”, „lümf” ning „must sapp” ja „kollane sapp”. Mainitud omakorda põhinesid tollase arusaama järgi neljal nn algainel: „õhk” „vesi”, „maa” ja „tuli”. Terves inimeses olid need algkomponendid – mis moodustasid vastandlikke paare – tasakaalus. Konkreetse indiviidi puhul sõltus tasakaal tema soost, vanusest, iseloomutüübist jms.

Humoraalteooria kohaselt tähendas haigus tasakaalu kadu – mõne kehavedeliku puudujääki või ülekajalu. Selle põhjuseks peeti looduslikke mõjureid, nagu kliima, astroloogiline seis jm, aga ka eluviisi. Viimasega tegeles nn dieteetika, mille keskne kontseptsioon rajanes kuuel nn mitteloomulikul teguripaaril: valgus ja õhk; toit ja jook; liikumine ja puhkus; uni ja ärkvelolek; eritamine ja „välja heitmine”; erutused ja emotsioonid. Arvati, et nende kontrollimine ja suunamine allub juba ka inimese ja arsti



KEHAMAHLADE SEOS TEISTE UNIVERSUMI ELEMENTIDEGA HUMORAALTEOORIA PÕHJAL

Oma olemusel holistlik humoraalteooria haaras inimese kirjeldamiseks kaasa laia tunnuste kompleksi. Lisaks müütilistele kehamahladele ja nendega seostatavatele kvaliteeditunnustele olid selles tähtsal kohal astroloogilised mõjurid, aga ka kiriklik kalender, lisaks sümboolset väärtust omavad elundid jm.

Väga tähtsad olid geograafilised ja kliimaatilised tunnused.

Süsteem pidi aitama arstil mõista inimese individuaalset tasakaaluolekut, aga ka sellest eemaldumist. Näiteks punast värvi sümptomid viitasid „kehavedelik vere” ülejäägile organismis. Samale viitas ka kehatemperatuuri tõus (soojus oli samuti „vere” kvaliteediomadus). Mõlemal puhul rakendati ravivõttena aadrilaskmist. Ka Baer soovitas aadrilaskmist näiteks kopsupõletiku puhul. Liigese „vee” puhul organismis (nohu!), aidanuks aga ... „kuiv” vein!

Ravis lähtuti niisiis vastandite printsiibist.

tahte. Ravimine tähendas niisugusel juhul tasakaalu taastamist, arsti panus oli kõigest looduse poolt inimesele antud tervenemisvõimele kaasa aitamine („juurde lisamine ja ära võtmine”). Suur osa Baeri tööst ongi pühendatud „6 mitteloomuliku tunnuse” analüüsile. See teave on ka peamine Baeri panus meie esivanemate eluolu kirjeldamiseks. Humoraalteooria ei käsitlenud üksnes kehavedelikke ja algaineid. Humoralismis olid eriti tähtsal kohal geograafilised tingimused; neli ilmakaart ja neli aastaaega sobisid hästi kõnesolevasse neljatisse mudelisse. Lähtuti tähelepanekutest, mille kohaselt haigused vahelduvad aastaajati ega pruugi tabada kõiki. Sellisel moel sobis humoraalteooria ka nakkushaiguste seletamiseks. Antiikaega ulatuvat õpetust miasmidest (nakkuste allikast) võib niisiis võrrelda atmosfääri saastega, mis hakkab teatavates tingimustes (niiskuse, temperatuur, kõdunemine jms) tekkima ning levima (näiteks tuulega).

Baer käsitles nakkushaigusi humoraalteooria raames endeemiliste haigustena, rõhutades antiikautorite soovitusi arvestada aastaaegade vaheldumisega ning tunda huvi ilmaolude vastu. Baer kirjeldab Eestimaa aastaringi kuude kaupa, tuues seejuures välja haiguste levikumustri, lähtudes ilmastikulistest muutustest. Baer, kes kurdab, et on väga raske „eestlasele selgeks teha, et inimese keha võib õhu toimele haigeks jääda”, hoiatab miasmidest eest ka eestlaste eluruumides: „Rikutud õhk eestlaste majades pole mitte üksnes suureks takistuseks haiguste ravimisel, vaid ka haiguste põhjuseks.”

Temperamendi tüüpidest eestlaste juures

Humoraalteooriaga on seotud õpetus inimese neljast temperamenditüübist, üks iga kehamahla jaoks. Baer kirjutab meie esivanemate kohta: „... temperament [on] üldiselt flegmaatiline väikese kallakuga melanhooliasse.”



ERM FK 214: 209 J. PÄÄSUKES KOGU

Humoraalteooria süsteemis iseloomustasid flegmaatikuid märksõnad „vesi”, „lümf” (kreeka keeles *phlegma*), „talv” jms. Melanhoolikute „märki-deks” olid aga „maa”, „must sapp” (*melan chole*) ning „sügis”. Mõlemad olid n-ö külmad inimtüübid (võib-olla sel põhjusel märgib Baer ära meie esivanemate kire kuumuse – sauna ja ahjupealse – järele), mille domineerimist eestlaste seas põhjustasid Baeri arvates põhjamine kliima, arvukad veekogud, sood ja mererand.

Humoraalteooria kohaselt olid flegmaatikud küllaltki nõrga konstitutsiooniga, samas vähevastuvõtlikud akuutsetele haigustele, sest nende stabiilsust oli raske tasakaalust välja viia. Krooniliste tõbede suhtes olid flegmaatikud vastuvõtlikumad. Looduse poolt eestlastele antud omadusi kom-penseeris nende eluviis, st intensiivne füüsiline töö ja pidev välistingimustes viibimine. See andis eestlastele teatava „sitkuse”.

Samas oli Baer siiski veendunud, et harjumatus tingimustes haigestuksid eestlased kiiresti, kusjuures „looduslikud jõud” ei suudaks neid aidata. Asjaolu, et eestlaste kehaline seisund on nõrk, näis Baeri arvates kinnitavat ka see, et eestlaste iive oli madal ja eestlaste seas leidis rohkem naisi kui mehi.

Baeri kommentaare teadsid sada aastat hiljem selleks ajaks juba tekkinud eesti rahvusest teadlased, kes püüdsid omakorda tõestada, et eesti rahvas on tugeva kehaehitusega.

Eestlaste väljanägemisest

Üks väljakutse lähtus Baeri kirjapan-dust tulevastele sugupõlvadele veel, see oli küsimus eesti rahva väljanägemisest.

Baeri seisukohavõtnud eestlaste väli-muse (ning sellega seoses ka „sisemise ilu”) suhtes ei olnud kuigi positiivsed. Baer kirjutas: „Kui [flegmaatikute] nägu nürimeelset tuimust väljendab, siis laseb melanhoolikute ilme paista varjatud nõrdimust [...] Ma pole siin muide ühtegi leidnud, kes võiks end ilusaks pidada.” Ilu oli toona arvesta-

tav kriteerium ka teadustöös, sest füüsiline antropoloogia oma nüüdis-aegsel kujul – kvantitatiivseid mee-todeid kasutava teadusharuna – ei olnud veel välja kujunenud.

Analüüsides Baeri hinnangut eestlaste välimusele, peab siiski meeles pidama, et kuigi ilust rääkisid tead-lased, oli sel mõistel ka neil ammustel aegadel tugev eelarvamuslik külg. Oma mõju pidi ilu käsitlusele avaldama ka asjaosaliste ühiskondlik positsioon.

Baeri kirjeldatud eestlased olid veel pärisorjad. (Talupojad vabastati päris-orjusest paar aastat hiljem.) Kaudselt tunnistab ka Baer ise, et tema antud hinnang eestlaste väljanägemisele on seotud maarahva allasurutud ühis-kondliku positsiooniga. Võrreldes näi-tek eesti naiste ja meeste välimust, eelistab ta esimesi, sest: „... alluvustun-ne, mis mehelt kogu ta jõu ja vääriku-se võtab, ei maksa peaaegu midagi naiste hinge juures, arvestades nende konstitutsiooni.” (Jätkem edaspidisteks analüüsideks Baeri nüüdisaja mõistes kahtlasevõitu hinnang naiste võime-tusele tunnetada allasuruvaid olusid!)

Arstihariduse emantsipatsioon

On tõsi, et eestlaste eluolu kõnesoleval ajal oli mannetu. Tegelikult peaksime oma haletsusest osa jätma aga ka toonasele arstiteadusele, sealhulgas Karl Ernst von Baerile, sest ka arstid olid mannetud, näiteks võimekuses elavat inimkeha diagnoosida. Baer nimelt hoiatab oma kolleege, et eestlaste „haiguste diagnoosimise ja ravimise juures tuleb arstil paljude raskustega võidelda [...] Madal vaimne kultuur on põhjuseks, miks eestlased peaaegu ei suuda oma seisundit täpselt kirjelda-da. [...] kui nad südame valu või nõr-kust kurdavad, tuleb sageli häda otsi-da maost”.

Selles tsitaadis – mis esmapilgul näib olevat järjekordne halvustav mär-kus meie esivanemate kohta – paljas-tab Baer tegelikult toonase arsti-teaduse abituse elava inimese füüsi-lisel diagnoosimisel. Enne stetoskoobi kasutuselevõttu sõltus arst liigagi

palju patsiendi antavast teabest ja harv ei olnud olukord, kus tekkisid arusaamatused arsti ja temast hari-duslikult või keeleliselt erineva, ma-dalamasse ühiskonnakihti kuuluva inimese vahel.

Kommunikatsioonihäireid võib ta-juda veel ühe Baeri tsitaadi puhul: „[...] psüühilised haigused on eestlaste seas õige haruldased. See näitab, millisel määral kultiveeritud ja peenenenud eluviis, ohtlikult suurenenud kujut-lusvõime ja haridus tundlikkust terav-dades nende haiguste esilekutsumi-seks kaasa aitavad.” Kõnealusel aja-hetkel olnuks Baeri seisukohale tea-dusringkondades raske vastu vaielda, saja aasta pärast seda juba tehti. Siis oli sõnum vastupidine, kuid siiski eel-nevaga seotud. Nimelt uskusid 19.–20. sajandi vahetuse eesti soost arstid ja psühhiaatrid, et eestlaste seas on erakordselt palju vaimuhaigeid. Seda põhjustas nende arvates rahva liiga kiire areng.

Kindel tee

Baeri uurimus annab tunnistust nii eestlaste emantsipatsioonist kui ka meditsiini arengust. Baeri ajal arsti-teaduses aset leidnud suured muutu-sed kajastusid ka tema doktoritöös, mis oli küllaltki eklektiline, haarates kaasa terve paleti ajastule omaseid õpetusi, põhinedes samas ikkagi vana-moodsal humoraalteoorial. Kokkuvõt-tes sai Baeri mitmetahuline lähene-mine oluliseks teguriks tema saamisel maailmakuulsaks loodusteadlaseks. Uskus ju Baer ise, et „[Endeemiliste haiguste uurimine on] kõige kindlam tee animaalse elu seaduste tundma-õppimise ning arstiteaduse aluste juurde”. ●

AUTORIST

KEN KALLING (1963) on lõpetanud Tallinna 7. Keskkooli ning 1991. aastal Tartu Ülikooli ajalooteaduskonna arheoloogia-antropoloogia eri-alal. Tartu Ülikooli tervishoiu instituudi meditsiini-ajaloo lektor. Teadustöö põhisuunad on meditsiini-ajalugu (eugeenika), karskusliikumise ja füüsilise antropoloogia ajalugu.



VALLO KRUUSER

VILLU KANGUR kirjatsura

Sureb aga ikka lollina ...

See, et mul reaalinete peale taipu pole, sai selgeks juba üsna varakult. Võtsin siis asju realistlikult. Olen tänini truuks jäänud noile oskustele, mis geenidega tasuta kaasa antud. Tänapäeval öeldakse selle kohta vist vabavara. Pole meist aga kellelgi keelatud oma nutti edasi arendada ...

Millegipärast meenub keemiatund kümnendas klassis. Nii kui kabinetis sisenen, märkasin laual kandikuid igasugu imetabaste anumatega. Õpetaja lausus: „Nii, täna hakkame katseid tegema! Ühes katseklaasis on teil piiritus ja ...” Seepeale haaras mu kõrval istuv klassivend esimese kättesattuva anuma ja kummutas selle sisu endale kurku. Õpetaja aga jätkas: „... teises on soolhape.” Sõber luksatas. Selle sekundi mürdosa jooksul jooksis mul elu silme eest läbi. Sest olin vahepeal oi kui palju mõelda jõudnud. Et kas ma nüüd kordaks sõbra vägitegu teise napakesega? Et kas ma olen ikka sama kõva mees kui tema? Või kelgunöör? Et issand kui tore, aga katse-eksituse meetod eeldab, et esmalt peaks sul olema ka mingi hüpotees. Tänu tollele hetkekõhklusele jäi mul hing sisse. Kuid mu kallist klassivennast on tänaseks saanud renessansiinimene, kes viljeleb mitmeid kauneid kunste.

Sellest hoolimata teostan katseid tänini ikka esmalt enda peal. Loen asisemaid ajakirju, võtan igasugu vidinaid pulkadeks lahti ja üritan taas kokku panna; unustan kõik muu, kui telekast tuleb loodus- või ajalootema-line dokfilm; silin selle käigus kassi vastukarva kuni siraka tekkimiseni jne. Kas ma saan sest targemaks? Kui, siis tibake. Elus on ikka nii, et pigem mäletad sirakat staatilist elektrit või küünistamisi, kui seda, mida tahaks.

Olen isegi voolu all oleva lambijuhtmega pudelist kõrre välja tõmmanud; kõndinud üle sillakaarte; roninud läbi avauste, kust kõrvad ei taha läbi mahtuda; tulistanud endal kogemata kingatalla alt ära; süüdanud ahjus puid eeterlike ollustega ... See loetelu on lõputu. Mis ei tapa, teeb tugevaks!

Inimene õpib ju kogu elu. Kahjuks sureb ta ikka lollina. Mina olen aga kirjatsurana sellest kõigest kasu lõiganud. Sest mu põhimõte on: ära kirjuta sõnagi asjadest, millest sa midagi ei tea. Kui tahad teha oma tööd korralikult, siis omanda vaegteadmised. Kontakteeru kas või sõbraga, kes on oma erialal pädev. Oi, kui palju ma olen tüüdanud tuttavd bioloogide, ajaloolasi, arste, kirjandusteadlasi ja teisi totakate küsimustega. Puhtalt selleks, et taust oleks mulle endale lõpuni selge. Mis sellest, et mõnda skripti mahub sellest vaid paar lauset. Aga lähtun alati printsibist – fiktsioon algab alles sealtmaalt, kus tõde lõpeb. Ent sel juhul kõlaga ka su kõige hullemad uiud nii, et teatud asjaolude kokkusattumisel võiks kõik olla võimalik.

Olen ikka ja alati imetlenud teadlasi, kes üritavad tõestada võimatut. Igal asjal on vähemalt kaks otsa. Võtan nende ees mütsi maha, kes suudavad üles leida ka kolmanda ja neljanda. Pavlovi katse koeraga ei ole kunagi sama mis Galvani katse konnaga. Tingitud ja tingimatu ärritaja on kaks eri asja. Ent teatud närvid jooksubad see meil alati võnkuma. Ärritun aga reeglina üksnes selle peale, kui mõni oma ala absoluutne professionaal võtab kõike liiga tõsiteaduslikult ning pelgalt oma mätta otsast.

Jah, aga isegi puhthüpoteetiliselt ei suuda ma aru saada, kuidas juhtus nii, et mu noorem poeg õpib juba kolmandat aastat kodust kaugel asja, millest ma tuhkagi ei taipu. Biokeemia kõlab minu jaoks hullemini kui epideemia. See teeb mind valvsaks! Teades, et mu noore pühvli erihuviks on aga viroloogia, vahel suisa värisen. Minu jaoks on viirus ju ainult see asi, mida ma oma arvutist aeg-ajalt uttu saadan. Nii et: vastuseks sellele, kas ja kuidas on teadus mõjutanud mu elu, suudan vaid kohmata: üsna otseselt! Geenide kaudu. Ehkki – kust mu laps need päris? Paps on tal ju puhtpopulaarteaduslik. Õnneks olen talle edasi andnud huumorimeele. Kuidas aga selle kandumine käib, väärriks eraldi uurimist. Tõsiteadlikku. ●

KAUPO VOORMANSIK, TANEL TAMM

POLARIMEETRILISED RADARID seiravad keskkonda

Satelliidipiltidega seostuvad enamiku inimeste jaoks kosmosefotod Google Earth'is. Optilistest satelliidipiltidest võib tõesti mõelda kui väga kõrgelt Maa kohalt tehtud fotodest. Pildid paistavad üsna sarnased sellele, kuidas inimsilm neid vaateid kosmosest näeks. Optiliste kaugseiresatelliitide kõrval on siiski laialt levinud veel teinegi satelliitide klass – radarsatelliidid. Viimaseid tuntakse teenimatult vähe. Seda enam, et 2014. aasta kevad oli maailma satelliitradarseire jaoks murranguline ning veebruaris 2014 alustas Tartu Observatooriumis tegevust radarseire tööühm.



EUROOPAI KOSMOSEAGENTUUR

Radarisilmad näevad maailma veidi teistsuguselt kui inimene ja pakuvad täiendavat rikkalikku andmestikku, mida saab kasutada keskkonnaseires. Lisaks ei sõltu radarsatelliit ilmast ja päikesevalgusest, võimaldades andmeid koguda nii päeval kui ka öösel, nii selge, pilves kui ka vihmase ilmaga.

Kokku on Maa orbiidil praegu sadakond töötavat kaugseiresatelliiti, millest veerandsada on radarsatelliidid, ülejäänud aga optilises spektriirikonas töötavad passiivsed (ise signaali välja ei saada, möödavad peegeldunud päikesekiirgust) kaugseiresatelliidid.

Polarimeetrilise radarseire alused

Radarseires kasutatav mikrolainekiirgus (lainepikkusega tüüpiliselt 3–23 cm) on tundlik peamiselt objektide suurusele, kujule ja veesisaldusele. Hästi eristuvad ka metallist objektid, sest nende dielektriline konstant on, nagu ka veel, väga kõrge. Kasutades eri polarisatsiooniga radarikiirgust, on või-

malik koguda uuritavate objektide kohta täiendavaid andmeid.

Radarpolarimeetrias kasutatakse erineva polarisatsiooniga elektromagnetlaineid – lihtsamal juhul horisontaalse (H) ja vertikaalse (V) võnkumistasandiga – ning vahetatakse saatmis- ja vastuvõtmiskanali polarisatsiooni. Radarseires kasutatavad levinumad polarimeetrilised kanalid on HH – saadetakse horisontaalse polarisatsiooniga, kuulatakse horisontaalse polarisatsiooniga; HV – saadetakse horisontaalse polarisatsiooniga, kuulatakse vertikaalse polarisatsiooniga, VH – saadetakse vertikaalse polarisatsiooniga, kuulatakse horisontaalse polarisatsiooniga; VV – saadetakse ja kuulatakse vertikaalse polarisatsiooniga.

Radarpolarimeetria põhineb teadmisel, et lihtsamate geomeetriliste kujundite kosterd erineva polarisatsiooniga elektromagnetlainetele (EM-lainetele) on eksperimentaalselt tõestatud ja tuntud. Vertikaalne dipool (varras) peegeldab tagasi ainult vertikaalselt polariseeritud kiirgust, horisontaalses kanalis on koste null. Horisontaalne dipool peegeldab tagasi ainult horisontaalselt polariseeritud kiirgust, vertikaalses kanalis on koste null. Triheedralilt (kolme üksteise suhtes risti oleva tasandi löikumisel tekkiv sisenurk), sfäärilt ja tasapinnalt peegeldub nii horisontaalse kui ka vertikaalse polarisatsiooniga kiirgus tagasi võrdse tugevusega ning samas faasis. Diheedralilt (kahe üksteisega ristuva tasandi sisenurk) peegeldub horisontaalse kanali kiirgus tagasi samas faasis, vertikaalse kanali kiirgus on sama tugev, aga võrreldes saatmisega vastasfaasis jne. Teades erinevatel polarisatsioonidel mõõdetud tagasipeegeldunud elektromagnetlaineid, võib lihtsamatest geomeetrilistest kujunditest keerukamaid objekte nagu legosid kokku panna ja objekti kuju ennustada.

Rannu 2013. aasta suvel

Tartu Observatooriumi koostöö Kanada kosmoseagentuuriga algas nii, et kanadalased kuulutasid välja konkursi RADARSAT-2 andmete põhiste uurimisprojektide leidmiseks ja tartlased esitasid taotluse. Viimane valitigi välja ning tartlastele anti RADARSAT-2 pildid uurimistöös tasuta kasutamiseks.

2013. aasta suvel tegi Kanada kosmoseagentuuri satelliit RADARSAT-2 Tartu Observatooriumi rohumaade uurimistöös raames mitu pilti Rannu testalast. Lisaks rohumaade kirjeldamisele sobivad RADARSAT-2 pildid veel paljude keskkonnaseire ja muude rakenduste lähteandmeks, nagu näiteks üleujutuste ja raiealade või linnade kasvu kaardistamiseks ning maapinna ja hoonete deformatsiooni mõõtmiseks.

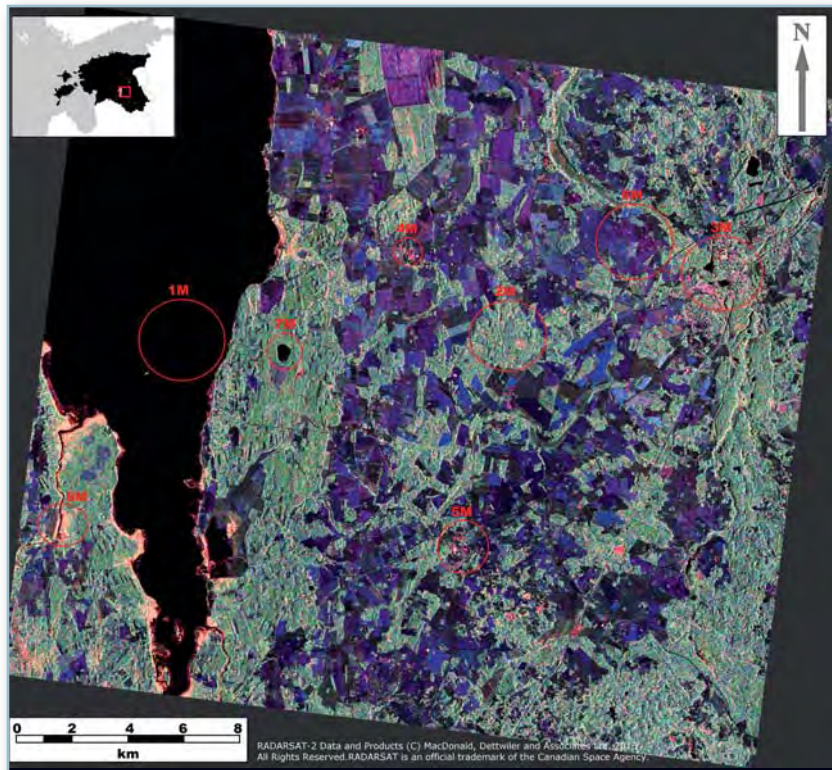
RADARSAT-2 töötab C-sagedusalas lainepikkusel 5,6 cm, korraga mõõdetakse HH, HV, VH ja VV polarisatsiooni, piltide ruumiline lahutus on 7 m ja vaateala laius 25 km. RADARSAT-2 nimetatakse täispolarimeetriliseks, sest mõõtes korraga HH, HV, VH ja VV polarimeetrilisi kanaleid, saadakse uuritava objekti kohta täielik polarimeetriline info. Täiendavate polarimeetriliste kanalite mõõtmine (näiteks 45-kraadise võnkumistasandiga või ringpolarisatsiooniga elektromagnetlainete kasutamine) uut lineaarselt sõltumatut andmestikku ei lisa. Kõiki teisi võimalikke polarimeetrilisi kanaleid saab sünteesida HH, HV, VH ja VV polarimeetriliste kanalite lineaarsetest kombinatsioonidest.

Joonisel 1 on toodud RADARSAT-2 pilt 14. maist 2013 ja 2. joonisel 18. augustist 2013. Andmed on kujutatud nn valemvärvipildina Pauli polarimeetriliste kanalitega. Punane kanal vastab HH-VV polarisatsioonile, roheline HV ning sinine HH+VV polarisatsioonile. Osutub, et sel viisil polarimeetrilisi kanaleid kombineerides on võimalik uuritavaid pindu (objekte) väga otsest kirjeldada. Lagedate pindade korral on koste tugevaim HH+VV kanalis, HH-VV ja HV kanali koste on palju nõrgem. Metsa ja tiheda rohttaimestiku – nn ruumilise tagasihajumisega pool-läbipaistvate objektide – korral on koste tugevaim HV kanalis, HH+VV ja HH-VV kanali koste on nõrgem. Täisnurksete objektide (diheedral: majade seinad, mis on maapinna suhtes täisnurga all, puutüvede ja maapinna ristumiskohad üleujutatud metsas) korral on koste tugevaim HH-VV kanalis, HH+VV ja HV kanali koste on märgatavalt nõrgem. Järelikult paistavad Pauli valemvärvipildil metsad rohelised, põllud sinised ja linnad punased.

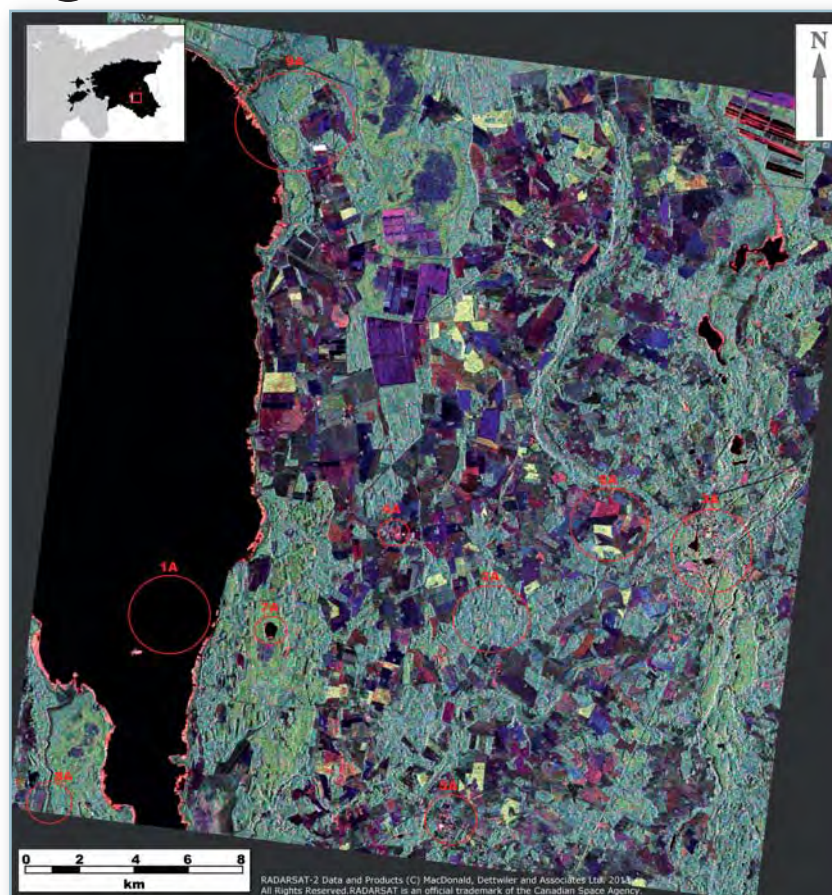


Euroopa Kosmoseagentuuri Sentinel-1A ja Jaapani radarsatelliit ALOS-2

RANNU ÜMBRUS JA VÖRTSJÄRVE IDAKALLAS RADARSAT-2 TÄISPOLARIMEETRILISEL RADARIPILDIL



1 14. mai 2013.



2 18. august 2013. Pauli valemvärvipildil vastab punane kanal HH+VV polarisatsioonile, roheline HV polarisatsioonile ja sinine HH+VV polarisatsioonile.

Punaste rõngastega on joonistel tähistatud erinevaid maastikke mais ja augustis. Veekogud, näiteks Võrtsjärv (1M ja 1A, siin ja edaspidi tähistab M mai ja A augusti pilti), paistavad radaripildil tavaliselt mustana, sest sile veepind peegeldab nurga all langevaid elektromagnetlaineid väga tugevalt edasi ja väga nõrgalt tagasi. Kuna satelliidil paiknevad radarid vaatavad alati küljele, ei jõuagi veekogult signaal radarini tagasi ning veekogu paistab radaripildil mustana. Lainetuse või jääkatte korral võib veekogu siiski teist värvi paista, sest sellistes tingimustes jõuab osa signaalist sensorini tagasi. Mets paistab HV-kanalis mõõdetava ruumilise tagasihajumise tõttu rohekates toonides (2M ja 2A). Asulad (Elva – 3M ja 3A, Rannu – 4M ja 4A ning Rõngu – 5M ja 5A) on punakates-roosakates toonides, sest sealised majaseinad ja elektripostid peegeldavad tugevalt tagasi eelkõige HH+VV kanalis. Põllud (6M ja 6A) paistavad C-laineala radaripildil sõltuvalt aastaajast kas sinakates (6M) või punakates-kollakates (6A) toonides. Kevadisel maikuu pildil (6M) on põllud valdavalt taimestikuta ja lagedad – paistavad sinakad, sest ülekaalus on pinna peegeldused HH+VV kanalis. Suvisel augusti pildil (6A) on põldudel kõrge taimestik, mis pakub radarile ruumilist tagasihajumist (HV kanal) ja topeltpeegeldusi (HH+VV kanal). Seetõttu paistavad taimestikuga põllud rohkem kollakates ja punakates toonides.

MIS ON MIS



DIELEKTRILINE KONSTANT ehk **DIELEKTRILINE LÄBITAVUS** – spetsiifiline füüsikaline suurus, mis näitab, kuidas materjal elektriväljale reageerib, näiteks kuidas materjal langenud elektromagnetimpulssi peegeldab, juhib või läbibistab.

KOSTE – süsteemi vastus ehk väljund antud sisendsignaalile; süsteemina võib siin vaadata komplekti radarsatelliiti, atmosfääri ja maapind; sisendsignaaliks on radari saadetud elektromagnetlainete impulss (füüsika ja signaalitöötuse mõiste).

ORTOFOTO – geomeetriliselt parandatud ühtse mõõtkavaga aerofoto.

PAULI PILT (inglisekeelses kirjanduses Pauli RGB) – nimetus tuleb Pauli spinni maatriksite kasutamisest polarisatsiooni maatriksi baasteisendustel.

POLARISATSIOON – elektromagnetlainete elektrivälja võnketasand, näiteks horisontaalne või vertikaalne, aga see võib elliptilise ja ringpolarisatsiooni korral ka ajas ja ruumis pidevalt muutuda.

SIGNAALI DOPPLERI AJALUGU – signaali faasi muutumise ajalugu vastavalt signaallikale ja vastuvõtja omavahelise kauguse muutumisele.

TESTALA – maa-ala, mille kohta samaaegselt tehakse mõõtmisi satelliidilt ja kontaktmõõtmistega kohapealt, et kosmosest tehtud ja maapealsed mõõtmised seejärel omavahel kokku viia, leida seosed ja seoste füüsikalised tähendused.

ANDMETÖÖTLUS: TARTU OBSERVATOORIUMI RADARKAUGSEIRE TÖÖRÜHM

Roostike kaardistamine

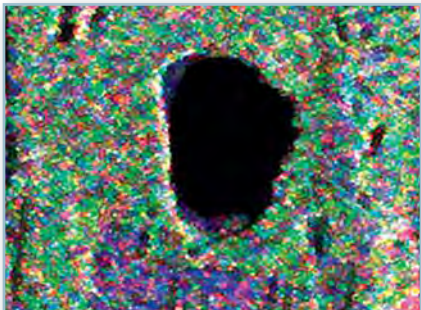
Rannu ümbruse joonisel on kujutatud ka Mustjärve (vastavalt 7M ja 7A). Mustjärve ja selle ümbruse suurenus on toodud joonisel 3, kus võrdluseks on ka 2. juunil 2011 pildistatud ortofoto samast alast. Augusti pildil on Mustjärve kallastel näha punakas-roosakas

sõõr, mida mai pildil ei ole. Punakad toonid vastavad tugevale tagasipeegeldusele HH-VV kanalis, mida põhjustab tõenäoliselt suve jooksul järve madalatel kaldaaladel välja arenenud roostik ja muu taimestik. Tugev tagasipeegeldumine HH-VV kanalis tekib juhul, kui taimede all on sile veepind ning

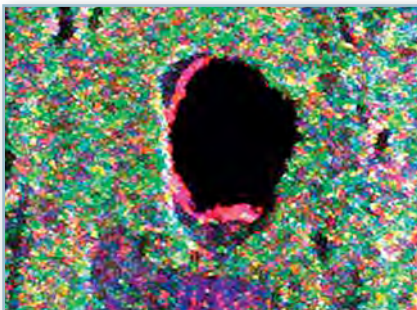
veest välja ulatuvad taimed sisaldavad piisavalt vett, et olla radarile nähtavad. Kui samad veetaimed kasvavad kuival maal, siis seesugust tugevat tagasipeegeldust ei teki. Punakad toonid järvede kallastel vastavad just vees kasvavale roostikule ja teistele veest välja ulatuvate taimedega aladele.

3

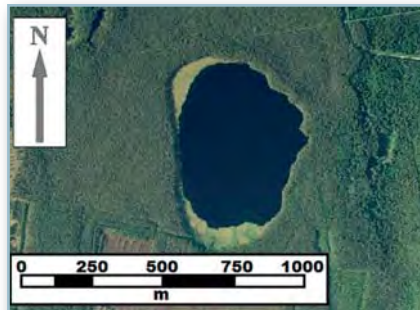
MUSTJÄRV



RADARSAT-2 pilt 14. maist 2013.



RADARSAT-2 pilt 18. augustist 2013.



Maa-ameti ortofoto 2. juunist 2011.

Üleujutatud mets kevadel

Rannu ümbruse joonisel näha oleva Õhne jõe (vastavalt 8M ja 8A) suurenused on toodud joonisel 4. Maikuu pildil on Õhne suudme lähedal näha punakaid toone, mida augusti pildil ei ole. Augustis paistab sama ala rohekana. Ortofoto järgi paistab seal kas-

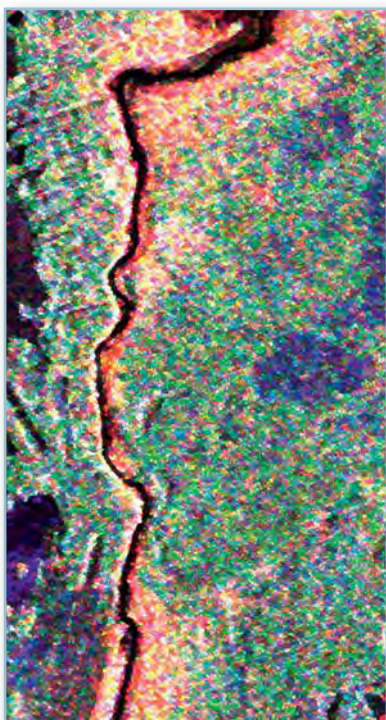
vavat lehtmets, mis Eesti Metsaregistri järgi on 10–20 m kõrge.

Tõenäoliselt olid need metsaalad Õhne jõe kallastel mai keskel üle ujutatud. Üleujutatud lehtmets on kevadel raagus või väikeste lehtedega ja seetõttu radarile hästi läbipaistev. Veest välja ulatuvad puutüved käitu-

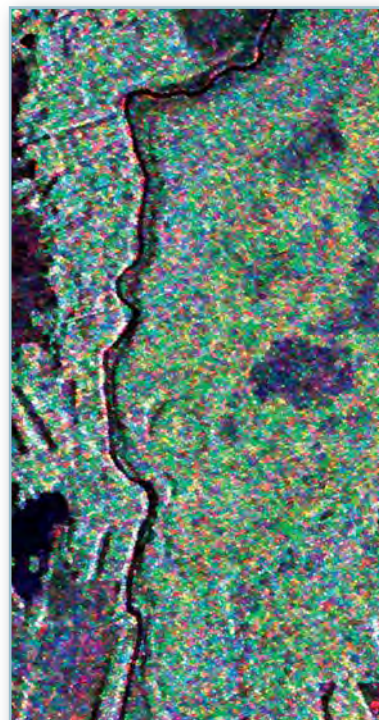
vad sarnaselt roostikule ning annavad topeltpeegeldusega tugeva koste punases HH-VV kanalis. Augustiks on kevadine kõrgem veeseis taandunud ning ka metsa lehestik on rohkem välja arenenud. Domineerib ruumiline tagasihajumine puude lehtedelt ja võradelt rohelises HV kanalis.

4

ÕHNE JÕGI JA JÕEÄÄRNE METS VAHETULT ENNE VÕRTSJÄRVE SUUBUMIST



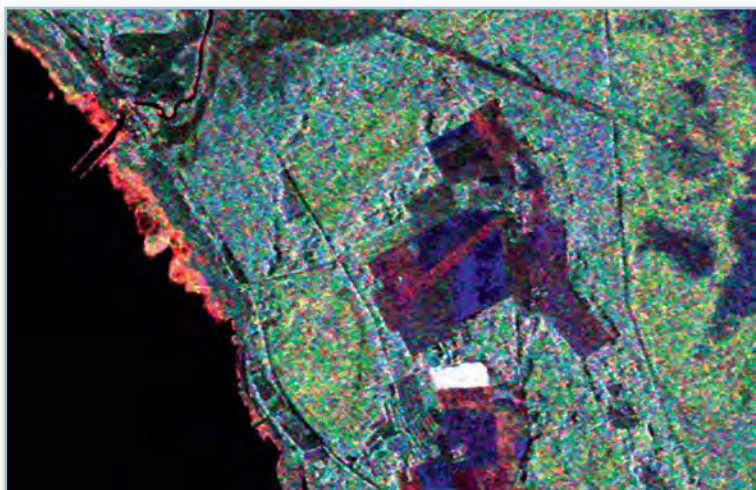
RADARSAT-2 pilt 14. maist 2013.



RADARSAT-2 pilt 18. augustist 2013.



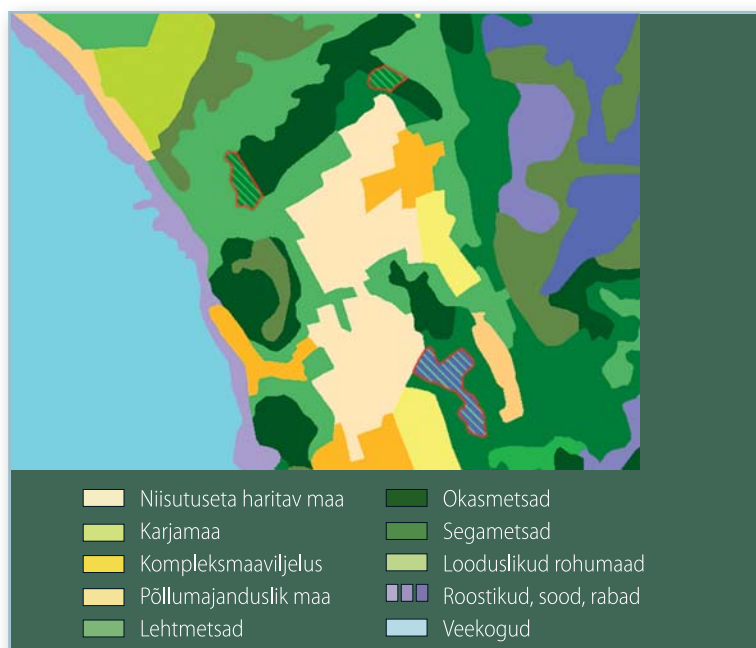
Maa-ameti ortofoto 2. juunist 2011.



RADARSAT-2 pilt 18. augustist 2013



Maa-ameti ortofoto 14. maist 2013.



CORINE maakatte kaart aastast 2013.

Okasmetsa ja lehtmetsa polarimeetrilised signatuurid

Augusti pildilt (joonis 2 ala 9A) on näha, et osa metsa paistab helerohelisena, osa on rohkem sinakas-hallikas-roheline. Joonise 5 lähemal vaatlusel selgub, et helerohelised paistavad radaripildil okasmetsad ning sinakas-roheline märgib lehtmetsa. Okasmetsad on heledamad ja rohkem kollakat tooni, sest radari koste on tugevam HV ja HH-VV kanalis, nõrgem HH+VV kanalis. Lehtmetsad on sinakad, sest nende koste HH+VV kanalis on võrreldes okasmetsaga tugevam.

Nähtuse tõlgendamisel tuleb mees pidada RADARSAT-2 lainepikkust 5,6 cm. Rusikareeglina on radarile nähtavad eelkõige objektid, mis on selle lainepikkusest suuremad. Okaspuude okkad on 5,6 cm mikrolainetele enamasti nähtamatud, seevastu lehtpuude lehed on oma suuremate mõõtmete tõttu radarile nähtavamad. Näib, et lehtpuude lehtedelt tuleb rohkem pinnapeegeldustele iseloomulikke signaali (sinine HH+VV kanal) kui okasmetsast. Okasmetsale on iseloomulik ruumiline tagasihajumine (roheline HV kanal) ja topeltpeegeldused puutüvedelt (punane HH-VV kanal).

Kaks uut satelliiti orbiidil

2014. aasta kevad oli satelliitradarseire jaoks murranguline. Orbiidile jõudsid kaks uut radarsatelliiti: 3. aprillil Euroopa Kosmoseagentuuri Sentinel-1A ja 24. mail Jaapani ALOS-2.

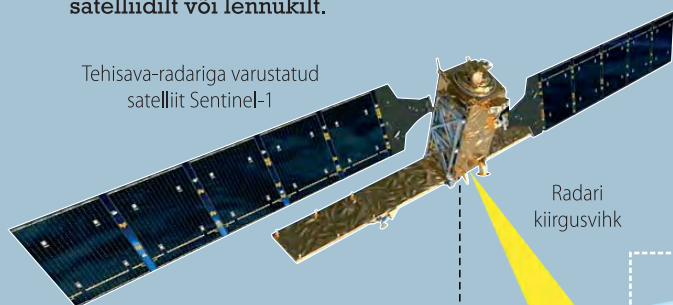
Sentinel ja ALOS

Sentinel-1A on eriline andmete hulga, ajalise tiheduse ning vaba ja avatud andmete jagamise poliitika poolest. Sentinel-1A kogub andmeid kogu maismaa kohta vähemalt iga 12 päeva järel. Erinevaid töörežiime on kolm: 80 km vaateala ja 5 m lahutus, 250 km vaateala ja 20 m lahutus ning 400 km vaateala ja 40 m lahutus. Sentinel-1A radar töötab korraga kas ühes (HH või VV) või kahes polarisatsioonis (HH+HV või VV+VH), aga mitte neljas korraga (HH+HV+VH+VV), nagu RADARSAT-2. Andmete jaotamine on vaba ja tasuta, kulud kaetakse Euroopa Liidu ja Euroopa kosmoseagentuuri eelarvest.

Pooleteise aasta pärast saadetakse orbiidile Sentinel-1A kaksikvend Sentinel-1B, mis tõstab andmete värskend

Tehisava-radar

Artiklis toodud radaripildid ei ole tehtud tavalise, vaid veidi keerulisema tööpõhimõttega tehisava-radariga (inglise *Synthetic Aperture Radar* ehk SAR). Tehisava-radar on uuritavate objektide struktuurile ja elektrilistele omadustele tundlik kaugseire instrument, millega tehakse mõõtmisi tavaliselt satelliidilt või lennukilt.



Külgsuunas tagasipeegeldunud signaali ajalise viivituse järgi ruumilise lahutuse saamiseks on kõikide tehisava-radarite kiirgusvihk lennusihi suhtes kõrvale suunatud. Lennusihis kõrge ruumilise lahutuse saamiseks kasutatakse tagasipeegeldunud impulsside Doppleri ajalugu. Ühest objektist mõõdetakse sadu tagasipeegeldusi, mille signaali töötuse abil saadakse lõpuks kõrglahutusega kujutis.

Signaali Doppleri ajaloo kasutamist radari kõrge ruumilise lahutuse saamiseks soovitasid esimesena üksteisest sõltumatult C. A. Wiley ja C. W. Sherwin juba 1950. aastatel. Praktilise tehisava-radari ehitamine oli siiski pikka aega raskendatud, kuna selle signaali töötus on väga arvutusmahukas. Esimese satelliidi tehisava-radari – Seasat – saatis NASA orbiidile 1978. aastal. Kuigi Seasat püsis töökorras kõigest 106 päeva, piisas sellest mitmete tehisava-radari rakenduste demonstreerimiseks. Avastati, et radaripõhiselt on võimalik kaardistada üleujutusi metsas, hinnata mere lainetust ja tuule kiirust, kaardistada laevade asukohta jpm.

Lisaks pikaajalisele luures kasutamisele on tehisava-radarid osutunud väga kasulikuks mitmetes tsiviilrakendustes: jääolude kaardistamine, õlireostuste tuvastamine, pinnaseniiskuse kaardistamine ning maapinna kõrgusmodelite loomine.

Graafiku aluskaart pärineb Google Earth'ist. Google Earth'is kasutatav ülemaailmne kõrgusmodel on mõõdetud interferomeetrilise tehisava-radariga.

duse sagedamaks kui kuus päeva. Moodustuvate tihedate aegseeriate abil on võimalik uurida mitmesuguseid keskkonnaprotsesse, näiteks määrata metsaraie toimumise ala ja aega kuuepäevase täpsusega, kaardistada jääolusid merel, tuvastada õlireostusi, arvutada maapinna ja hoonete deformatsiooni. Sarnaselt RADARSAT-2 töötab Sentinel-1 C-sagedusalal 5,6 cm lainepikkusel.

24. mail orbiidile saadetud ALOS-2 töötab pikemate, 23 cm lainetega L-sagedusalal. Sarnaselt RADARSAT-2-le on ALOS-2 täispolarimeetriline ning tänu pikema lainepikkuse paremale läbistavusele sobib veel paremini metsanduslikeks rakendusteks.

Tartu Observatoorium kavatses kasutada nii Sentinel-1A kui ka ALOS-2 andmeid linnade kasvu ja metsaraiete kaardistamiseks, aga ka rohumaade parameetrite tuvastamise meetodika arendamiseks.

Tartu Observatooriumi radarseire tööühm

2014. aasta veebruaris alustas Tartu Observatooriumis tegevust radarseire tööühm, mis arendab tehisava-radari rakendusi ning teeb vastavat uurimistööd. Lisaks Kanada kosmoseagentuurile on Tartu Observatooriumil ja Tartu Ülikoolil väga sügav ja sisuline koostöö Saksa kosmosekeskuse mikrolaine ja radaritehnika instituudiga, kellega koos arendatakse välja metoodikat rohumaade parameetrite hindamiseks polarimeetriliste mõõtmiste abil ning metsa kõrguse mõõtmiseks ja metsa biomassi hindamiseks interferomeetriliste mõõtmiste põhjal. SAR-interferomeetriaga uuritakse ka Ida-Virumaa kaevandusalade vajumisi ning koostöös Eesti ja välispartneritega arendatakse ülemaailmset linnade kaardistamise rakendust CUDA (*Copernicus Urban Development Analyser*). ●

AUTORITEST

KAUPO VOORMANSIK (1985) on Tartu Observatooriumi teadur, kaitses 2014. aasta veebruaris Tartu Ülikoolis doktoritöö teemal „X-laineala tehisava-radari rakendused keskkonna kaugseireks”. 2011. aasta augustist 2012. aasta aprillini ning 2014. aasta veebruarist 2014. aasta aprillini töötas Saksa kosmosekeskuse mikrolaine ja radaritehnika instituudis, arendades välja meetodika rohumaade parameetrite tuvastamiseks polarimeetrilise radari mõõtmistest. Aastail 2008–2013 töötas Eesti esimese satelliidi ESTCube-1 meeskonnas. Radarseire juurde jõudis AS-is Regio töötades (2009–2013) ja 2010. aasta kevadel radaripiltidega üleujutusi kaardistades. Alguses oli tehisava-radar tema jaoks lihtsalt suurepärane instrument üleujutuste kaardistamiseks, kuid peagi kannustas uudishimu selle põneva instrumendi kohta aina rohkem teada saada.

TANEL TAMM (1981) on Tartu Ülikooli geograafia osakonna geoinformaatika teadur, kaitses teadusmagistratöö 2005. aastal teemal „Riigimetsa takseerandmete kasutamine Eesti metsade kaugseires tehiseõppe rakenduse abil”. Aastail 2005–2012 töötas Tallinna Linnaplaneerimise Ametis geoinformaatika osakonna juhatajana. Radarseire vastu hakkas tõsisemat huvi tundma tänu Sentinel-1A edukale orbiidilejõudmisele ja Copernicus-programmi avatud andmete poliitikale.

Artikli valmimisele on kaasa aidanud Keskkonnakaitse ja -tehnoloogia teadus- ja arendustegevuse programmi KESTA projekt ERMAS.



Jõuproovid olümpiaadil

F
FÜÜSIKA

Mihkel Kree

Noored füüsikahuvilised rahvusvahelisel jõuproovil Kasahstanis

Tänavune rahvusvaheline füüsika-olümpiaad korraldati juulis Kasahstani pealinnas Astanas. Olümpiaadil osales 87 riiki. Eesti võistkond näitas taas kõrget taset – kõik meie viis võistlejat sõitsid koju tagasi auhinnatult. Võideti üks hõbemedal, kolm pronksmedalit ning üks aukiri.

Traditsiooniliselt valiti Eesti võistkond välja aprillis Tallinnas peetud Eesti–Soome maavõistluse tulemuste põhjal. Enne olümpiaadile sõitmist korraldati õpilastele mahukas treeningprogramm: eksperimente õpiti nädala jagu Soomes, aga ka paar päeva Eestis Eero Uustalu käe all, teooria osas toimus koos soomlastega Eestis põhjalik treeninglaager Jaan Kalda ja Ants Remmi juhendamisel.

Olümpiaadi toimumiskohaks valitud Astana on väga omapärane linn. See sai Kasahstani pealinnaks 1997. aastal ning on pärast seda kiiresti kasvanud. Kesklinn on üles ehitatud kindla planeeringu alusel, hõlmates laiu tänavaid, parke ning suurt hulka futuristlikult mõjuvaid kõrghooneid, mis kaetud värviliselt läikivate klaasidega. Suur osa õpilastele ja juhendajatele korraldatud mahukast ekskursiooniprogrammist seisneski kesklinnaga eri nurkade alt tutvumises. Õpilastele tutvustati ka Kasahstani kaunist loodusest, neid viidi väljasõidule mägede ja järvede vahele.

Olümpiaad peeti vastloodud president Nazarbajevi nimelises ülikoolis. Õpilastel tuli kahel päeval lahendada kokku kümne tunni jooksul nii teooria- kui ka eksperimentaalülesandeid. Teooriaülesanded osutusid tavapärasest keerukamaks, kuid tegeleda tuli huvitavate teemadega: näiteks uurida seebimulli võnkumisi; vedeliku ja auru omavahelist tasakaalu, mille alla läheb ka näiteks hommikuse udu tekkinine; elektrivoolu gaasis, nagu see toimub näiteks sädemes või välgu. Eksperimentaalvoorus uuriti valguse polarisatsiooni abil kaksikmurdumist, mis tuleb nähtavaks näiteks pinge all olevates plastikmaterjalides, kui neid läbi polarisaatorite vaadata.

Eesti õpilased näitasid end igati heast küljest. Oma tulemusega oleme Euroopa riikide arvestuses esirinnas. Üldpingerea eesotsas domineerivad teatavasti tublid ja töökad Aasia õpilased. Tulemuste punkti-

Eesti võiskonna tulemused rahvusvahelisel füüsikaolümpiaadil

Nimi	Kool	Klass	Õpetaja	Punktid	
				50 võimalikust, saavutus	
Rasmus Kisel	Gustav Adolfi Gümnaasium	11. klass	Erkki Soika	20,95	hõbemedal
Kristjan Kongas	Tallinna Reaalkool	10. klass	Mart Kuurme	16,9	pronksmedal
Joonas Kalda	Tallinna Reaalkool	11. klass	Aarne Silas	15,1	pronksmedal
Taavet Kalda	Gustav Adolfi Gümnaasium	9. klass	Virgi Roop	14	pronksmedal
Oliver Nisumaa	Tallinna Reaalkool	10. klass	Mart Kuurme	10,05	aukiri



Eesti võistkond olümpiaadi avamisel: Joonas Kalda, Oliver Nisumaa, Taavet Kalda, Kristjan Kongas, Rasmus Kisel.

summasse lähevad teooria- ja eksperimentitulemused vastavalt 60 protsenti ja 40 protsenti. Meie õpilastest kõrgeimad teooriapunktid sai küll Kristjan, kuid raskete teooriaülesannete valguses oli sel aastal just eksperimentidil suur kaal ja siin seisneski meie parima õpilase Rasmuse edu võti – ta suutis end hästi realiseerida nii teoorias kui ka eksperimentis.

Võrreldes Eestis peetud IPHO-ga

Kui võrrelda Kasahstani olümpiaadi 2012. aastal Eestis korraldatud rahvusvahelise füüsikaolümpiaadiga, tuleb eestlaste kiituseks nimetada kasutusele võetud IT-süsteemi, mille abil esitati õpilaste punktitableid juhendajatele ülevaatamiseks veebiserveris. Kasahhid soovustasid kasutada ainult ühte arvutit ning sadu ja sadu paberilehti tabelitega, kuhu punkti-

parandusi tehti. Seetõttu tuli juhendajatel arvestada veel täiendava ajakuluga, et klaarida tabelite sisestamisel tekkinud hooletusvigu. Küll aga pole midagi ette heita korraldajate külalislahkusele ja suurejooneliselt sisustatud programmile. Nii pole kahtlustki, et kasahhid saavad suurepäraselt hakkama ka järgmisel suvel Almatõs toimuva rahvusvahelise informaatikaolümpiaadi korraldamisega.

Juhendajana saatsid Eesti õpilasi olümpiaadil Mihkel Kree ja Stanislav Zavjalov. Eesti võistkondade kauaaegne juhendaja Jaan Kalda sõitis seekord olümpiaadile Saudi Araabia võistkonna juhendajana.

Eesti võistkondade lähetamist rahvusvahelistele võistlustele rahastab Haridus- ja Teadusministeerium ning koordineerib Tartu Ülikooli Teaduskool. ●

Õpetlik ja lõbus ilmateadus

SIRJE KEEVALLIK
atmosfäärifüüsik



Ain Kallis
KODUNE ILMARAAMAT
OÜ Hea Lugu, 2014

Olen jõudnud leheküljele 88 ega raatsi edasi lugeda. Ei taha, et see, mida autor udu kohta kirjutab, sumbuks järgmises uperpallis. Mis seal siis seisab?

„Soovitus sõita udu ajal eessõitja stopptulede taga ei ole õige – üks mees jõudis nii toimides võõrasse garaaži.”

Ja ei tulegi kaua oodata, kui leheküljel 107 on järgmine tekst: „Legendi järgi peaks eskimotel olema 40 sõna lume, araablattel samapalju liiva, inglattel õhu ning kala-meestel vee kohta. Raske saju korral on ka meie kojameestel kümneid sõnu lume kohta, ainult et need ei kannata trükimusta.”

Leheküljel 123: „Paljude maade rahvad teavad, et vikerkaare otstes tuleb kaevata – sinna olevat pott kulda maetud. See võib tõesti tõi olla, sest korra toetus värviline kaar Tartus kasiino katusele.”

Ja nii edasi.

Ilmanähtustest täpselt ja veatult

Aga tegemist pole kaugeltki naljaraamatuga. Kõik, mis puudutab meteoroloogiat, on esitatud veatult ja teaduse viimase sõna järgi. Puudutamata ei jäeta ka ilmateaduse ajalugu, mõõteriistade ehitust ja mõõtmismetoodikat. Lisaks sellele on Ain Kallis kasutanud oma aastate jooksul kogutud hirmuäratavalt suurt arhiivi, et jutustada huvitavatest ilmagaseotud olukordadest: 1888. aastal tappis rahe Indias 250 inimest ja 1600 lammast-kitse, Virginia osariigis elanud looduskaitseala valvurit tabas 35 aasta jooksul väik tervelt seitsmel korral, 1998. aasta jäätormi ajal Kanadas ja USA põhjaosariikides ulatus jääkihi paksus traatidel, puudel ja ehitistel 12 sentimeetriti ...

Raamatu lõpus on ära toodud nn rekordite tabelid – nii kogu maailma kui Eesti kohta. Samas arutleb Ain Kallis tekstis, kuidas need on saadud ning millal ja miks ümber hinnatud. Sest rekorditega on sama lugu nagu praegu igapäevaselt mõõdetavate meteoroloogiliste suurustega. Kui Eesti ilmateenistus teatas, et Tallinnas oli 6. augustil kell 19 sooja 29 kraadi, kinnitasid pahased kodanikud, et nende kraadiklaas igatahes näitas kaugelt üle 30. Rekordite puhul on olulised samad asjaolud: kas mõõteriist oli kalibreeritud, kas mõõtmine toimus lageda aluspinna kohal 2 meetri kõr-

gusel, kas mõõteriist oli ikka päikese eest varjatud? Ain Kallisele on teada, et Austaalas on päikese käes mõõdetud temperatuure, mis ületavad 80 Celsiuse kraadi.

Omaette väärtuse moodustavad peatükke sissejuhatavad motod. Neid on võetud piiblist, „Karupoeg Puhhist”, kuulsate meteoroloogide ja kirjanike tekstidest, nopitud välja vanasõnade hulgast ja muust rahvatarkusest. Ain Kallise enda kogemusest pärineb äikesepaatüki sissejuhatav moto: „Kui näed välgusähvatust ja kuuled pikse-raksatust, oled pääsenud.”

Ilmanähtuste arhiveerimisest

Kui Ain Kallis viibib mõnel konverentsil või magistratööde kaitsmisel, on tal alati paber ja pliiats valmis. Nii kogunevadki ilmastiku kohta andmed, mida hiljem saab populaarteaduslikes kirjutistes või üliõpilasi õpetades ära kasutada. Kodus olevat tal kastide kaupa ajaleheväljalõikeid, mis viimase paarikümne aastaga on talle pandud.

Aga ta kasutab ära ka kõik, mida leiab ilukirjandusest. Võtke ette kõneks olev raamat ja te leiate Karel Čapeki vaimustava kirjelduse aedniku unistuste ilmast. Samas kõrval toob Ain Kallis ära ka Tartu „keskmise” juuniku: keskmise õhutemperatuur 15,3 kraadi (mitte 19,2 kraadi, nagu aastal 1999, või 12,5 kraadi, nagu aastal 1993), keskpäeval 20,3 kraadi, öösel

veidi alla 10 kraadi; vihma tuleks 10 päeval kokku 69 mm, päikest oleks näha 259 tundi. Olgu öeldud, et need andmed ja palju muud leiab huviline riigi ilmateenistuse kodulehelt, mille koostamisel ja käigushoidmisel on ka Ain Kallise käsi mängus. Vaadake rubriiki „Ilmatarkus”.

Ilmanähtuste illustreerimisest

Ilusal raamatul on siiski ka kaks puudust, milles ei saa süüdistada autorit. Esiteks on kõik pildid mustvalged, mis ilmanähtuste illustreerimiseks pole just parim lahendus. Seevastu tuleb kiita kaanepilti, kus vaene koerake 2005. aasta jaanuaritormi ajal on Pärnu muulil sattunud koera ilma kätte. Teiseks puuduseks loen seda, et pool raamatust on täis tühje tabeleid, kuhu asjahuvilised saaksid kirjutada ilmaandmeid. See teeb raamatu asjatult paksuks ja tõstab ilmselt ka hinda. Oleks ju piisanud ühest näitest, mille ilmavaatluse märkmiku tabel võiks välja näha.

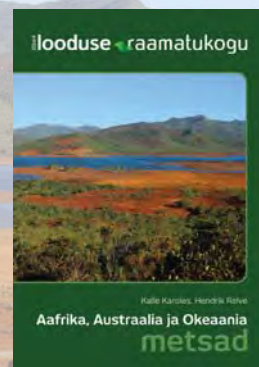
Kokkuvõttes tuleb tunnistada, et Ain Kallis on seda raamatut kirjutades püstitatud ülesande täitnud. Ta tahtis, et see oleks samasugune, nagu Eesti esimene entsüklopeedia, mille kohta aastal 1901 kirjutati: „Ta on huvitav ja tululik ühel hooil. Ta on õpetlik ja lõbus ühtlasi.” Aga ärge arvake, et mina selle tsitaadi leidsin. Kirjutasin selle maha Ain Kallise raamatu kaheksandalte leheküljel. ●

Sarjas „Looduse raamatukogu” ilmumas „Aafrika, Austraalia ja Okeaania metsad”

Raamatus vaadeldakse mõlema maailmajao metsade liigilist koosseisu ja metsandust ning jagatakse isiklike muljeid retkedest sealsetesse metsadesse. Raamat on varustatud rohkete fotodega. Trüki on viimaseks osaks kahele eelmisele maailma metsade sarja raamatule. Raamat on mõeldud kõigile looduse-, metsa- ja metsandushuvilistele.

Telli ajakiri Eesti Mets enne novembri lõppu ja saad raamatu koos detsembri ajakirjaga tasuta.

autorilõigus MTÜ Loodusajakiri



RAAMAT, MILLETA MA OMA ERIALA ETTE EI KUJUTA



John R. Krebs, Nicholas B. Davies, Stuart A. West*
AN INTRODUCTION TO BEHAVIOURAL ECOLOGY
 Wiley-Blackwell, 1981, 1987, 1993, 2012*

Ei mäleta, et ükski raamat, mida ma kunagi käes olen hoidnud, oleks mulle mõjunud samavõrd inspireerivana ja sõna otseses mõttes valgustuslikuna kui see. Aga kohtusin ma temaga alles eelmise sajandi lõpukümneni alguses, kui meie teadlastel hakkas tasapisi tekkima rohkem võimalusi külastada rahvusvahelisi teaduskogunemisi ning tuua sealt kaasa uuemaid läanes välja antud teadusraamatuid. 1990. aastal õnnestus mul sattuda Uppsalas peetud III rahvusvahelisele käitumisökoloogia kongressile. Rahvusvaheliste konverentside kogemus polnud mulle tolleks ajaks enam sugugi võõras – olin näiteks juba 1982. aastal osalenud Moskvas toimunud ülemaailmsel ornitoloogiakongressil ja

hiljem ka mõnel (peamiselt linnu-uurijate) rahvusvahelisel teaduskogunemisel Soomes, Saksamaal, Lätis ja Tšehhis. Kuid Rootsi konverentsil tundsin selgesti, et olin lõpuks satunud enda jaoks õigesse kohta.

Konverentsil käsitleti põnevaid ja meeliterutavad teemasid – partnerivalik, sigimise ajastamine, optimaalne pesakonna suurus, sugupoolte suhted, vanemate ja järglaste konfliktid, agressiivsus ja sotsiaalsus, territoriaalsus ja grupieluviis, abistamine ja altruism, indiviididevaheline kommunikatsioon jt. Suuresti olid need teemad mulle juba tuttavad rahvusvaheliste linnuteaduslike ajakirjade veergudelt, mida erinevalt praegu levinud arvamusest oli tegelikult ka Nõukogude Liidu võimalik suurema vaevata jälgida kõigil, kes seda ainult viitsisid. Kuid palju sellest, millest Uppsalas kongressil räägiti, jäi mulle ikkagi suhteliselt segaseks. Mõistsin, et jutt käis mingitest universaalistest seaduspärasustest, mis kehtivad sarnaselt nii limustel ja putukatel kui ka lindudel ja imetajatel. Kuid ettekannetes kasutati tihti mõisteid, mis

kõlasid küll keeleliselt justkui arusaadavalt (*life-history, fitness function, cost of reproduction, the best of a bad job* jne), ent mille puhul oli mulle selge, et nende tegelik tähendusväli on märksa rikkalikum, kui seda eestikeelse otsetõlke põhjal aimata võis. Tunnetasin tookord kahjutundega oma hariduslikku mahajäämust.

Kaks aastat hiljem, 1992. aastal, oli mul suur õnn osaleda juba järgmisel, IV käitumisökoloogia kongressil USA-s Princetonis. Sellelt kongressilt õnnestuski mul kaasa tuua kõnesoleva raamatu teine trükk, mida koju jõudes hakkasin üha kasvava põnevuse ja rahuloluga neelama. Järgmisel aastal ilmus teosest juba kolmas, täiendatud ja parandatud trükk. Käsil oli käitumisökoloogia kui uue teadusdiscipliini tormilise arengu etapp. Olin juhtunud sel käest haarama hetkel, kui alles hiljuti ilmavalgust näinud väikemehest koos oma algse lapsemeelsuse ja hilisema noorusromantismiga oli just hakanud sirguma küps täiskasvanud teadus.

Põhjus, mis tingis käitumisökoloogia sünni, peitub 1960.–1970. aastates, mil evolutsiooniline bioloogia tõsteti

RAIVO MÄND käitumisökoloog

sõna otseses mõttes pea pealt jalgadele. Kui varem oli geene peetud millekski justkui elusorganismide teenistuses olevaks, siis sellised teaduse suured kujundid nagu George Christopher Williams, William Donald Hamilton ja John Maynard Smith koos oma õpilastega panid aluse nn geenikesksele evolutsioonikontseptsioonile, mille kohaselt seisneb evolutsiooni tõeline olemus just geenide omavahelises konkurents ning organismid on piltlikult öeldes vahendid selles konkurentsides edu saavutamiseks. Eriti kiiresti levis see muranguline vaade tänu Richard Dawkinsi suurepärasele populaarteaduslikele raamatutele.

Uus kontseptsioon osutus eriti viljakaks loomade (sh inimese) käitumise paljude varem mõistatuslike tahkude tõlgendamisel. Varasem loomaökoloogia oli suunatud populatsioonide ja koosluste kui iseseisvate süsteemide funktsioneerimise uurimisele, kusjuures üksikindiviidide käitumisele oli seal jätetud üksnes teisejärguline roll. Sellise suhtumise markantseimaks näiteks oli nn rühmavaliku teooria, mille kohaselt üksikisendid pidid ohverdama oma huvid looma-

Hunt – aasta loom 2013

Kas hundil on metsas kohta? See on kontrollküsimus igapähele. Raamatu kaante vahelt leiab vastuse, kas esivanemate teadmine hundi tähtsusest meie metsades on eestlaste mõtteviisis säilinud. Aastal 2013 korjas ajakiri Loodusesõber lugusid matkajate kohtumisest kriimuga, fotograafide värsked pilte hallivatimehest ja teadlaste artikleid käimasolevatest uuringutest. Raamat õpetab ka, kuidas kaitsta karja hundi eest ning kõneleb hundijahi vajalikkusest.

Raamat on müügil hästivarustatud raamatupoodides ja kodulehel www.loodusajakiri.ee.

looduse raamatukogu



HUNT

LUGEMISELAMUS

Selles numbris
MATI KAAL

rühma või populatsiooni heaolu nimel. Uue kontseptsiooni kohaselt soosis aga evolutsioon just isendite mis tahes käitumist, mis tagas nende geenide edukama paljunemise ja leviku. Lähtudes sellisest vaatenurgast, muutus väga palju sellest, mis loomade käitumises seni oli tundunud lahendamatu pähhklina, korraga täiesti arusaadavaks. Just uue vaatenurga rakendamisele loomade käitumise selgitamisel ongi pühendatud „An Introduction to Behavioural Ecology”.

Juhtumisi langes esmatutvus selle raamatuga aega, mil olin äsja valitud Tartu Ülikooli loomaökoloogia professoriks ja minu ees seisis vastutusriikas ülesanne ehitada üles uus õppetool koos selle eriala tollastele rahvusvahelistele standarditele võimalikult vastava kraadiõppega. Loomulikult oli mu üks esimesi muresid vaadata üle meie ülikoolis loetavad zooloogilised õppeained ja selgitada välja, milliseid uusi distsipliine oleks vaja ellu kutsuda selleks, et tulevaste kraadiõppurite hariduse sisu oleks vastavuses sellega, mida lääne loomaökoloogias normiks peetakse. Olles mõistnud, et üheks suurimaks lüngaks meie tolleaegses zooloogilises hariduses oli moodsa evolutsioonilise lähenemise puudumine loomade käitumisele, kutsusingi ellu käitumisökoloogia kursuse, mida ma alates 1993. aastast kuni tänaseni, seega nüüd juba üle kahekümne aasta olen õpetanud. Kursuse aluseks saigi kõnesolev raamat, millest alles kaks aastat tagasi ilmus juba neljas trükk. ●



David Quammen
HÜPE
Äripäev, 2014

Mulle on küll eluaeg meeldinud lugeda pigem aime-raamatuid kui ilukirjandust, aga vähesed loetust on suutnud mind nii ennast-unustavalt paeluda kui David Quammeni „Hüpe. Zoonoosid ja järgmine üleilmne pandeemia”, mille üllitas selle aasta alguses Äripäeva kirjastus.

Tegu on enam kui 600-leheküljelise 2012. aastal ajakirja Scientific American poolt õigustatult aasta parimaks raamatuks kuulutatud teosega, mida neelasin õhtuti enne uinumist nagu ülipõnevat kriminaalromani. Samalt autorilt on varem olnud maakeeli kättesaadav 2005. aastal kirjastuse Varrak „Rohelise raamatu” sarjas ilmunud „Dodo laul”, mis kuulub samuti minu vaieldamatute lemmikute kilda, aga „Hüpe” oma süsteemsel põhjaliku ainekäsitle, ent samas ladusalt selge esitusviisiga on tõesti lummutavalt põnev lugemine. Tundub, et tõlkijatel, Karin Andersenil ja Ivi Heinlaanel on korda läinud kõike seda samaväärselt ka eestindatud tekstile üle kanda.

Tegelikult on ju pea kõik nakkushaigused zoonootilised, sest ega inimeseloom pole mingi ebamaine olend, ikka samuti üks loomariigi osa, kuigi eksponentsiaalselt paljunev ja üleilmselt vohav liik. Temalgi pole pääsu kõige pisemate elurite, bakterite ja viiruste eest, kes oma ülikiiresigmise ja sellega kaasneva muutlikkusega leiavad üha uusi teid algsetelt peremees-

liikidelt teistele üle karata. Veelgi enam, kasutada sealjuures omapäraste küüdimeeste, esmapilgul süütute kõrvaliste liikide, reservuaarperemeeste abi.

Avastasin hiljaaegu oma vanu ülikooliaegseid konsepte sirvides, et toona tunti muret katastroofilise olukorra pärast, mis oli seotud tõsiasjaga, et inimkonna suurus ületas kolme ja poole miljardi piiri. Mõõdunud poole sajandi jooksul on number kahekordistunud ja varasematel aegadel lokaalsete puhangute järel loomulikult teel hääbunud taudid võivad mõne päevaga kanduda üle kogu planeedi ning põhjustada üleilmseid pandeemiaid.

Autor on väga põhjalikku eeltööd teinud, võimalikult palju kirjanduses leiduvaid infokilde esmaallikaist üle kontrollinud, asjaosalistega, kui need veel elavate kirjas,

või sündmuste esmavahendajatega isiklikult kohtunud, paljudega välitöödel kaasas käinud ning seejärel kõik need maailma eri paigust aset leidnud juhtumid ja protsessid ühtseks mustriks põiminud. Lugejale avanevad samm-sammult maailma eri paigus eri aegadel toimunud, alguses enamasti müstikavarjundiga sündmused, nende uurimise käik ning rohkem või vähem toimivad otsingud äkitselt ilmnenu ja sageli tormiliste tõvepuhangute ohjeldamiseks. Paralleelselt rulluvad lahti lood teadlastest, kelle hirmu ületav uudishimu paneb nad tegutseda üliohtlikes oludes, eesmärgiks saada endale ja inimkonnale uusi teadmisi. See sunnib tänu, imetluse ja austusega mõtlema nende inimkonna senist saatust oluliselt mõjutanud inimeste peale. ●

E-MAAILM

Milliseid elektroonilisi nutividinaid kasutate?

Olen suhteliselt konservatiivne inimene ja seetõttu piirduvad minu tegemised lauaarvuti ja rüperaalliga. Telefoni pean ikka põhiliselt helistamise vahendiks, vähem sõnumite saatjaks, ja kasutan vahel ka pildistamiseks, kui on vaja midagi kähku ja operatiivselt asitõendina jäädvustada.

Kui oluline on Teile internet, et elu ja oma ametiga seotud asjadega kursis olla?

Internetita ei kujuta paraku küll enam elu ette ja see täidab üsnagi olulise osa minu tegusast ajast. Seetõttu olen seni end jõuga tagasi hoidnud, et mitte

liituda Facebooki, LinkedIni ja muu taolisega, sest siis lööksid vist lained pea kohal päris kokku.

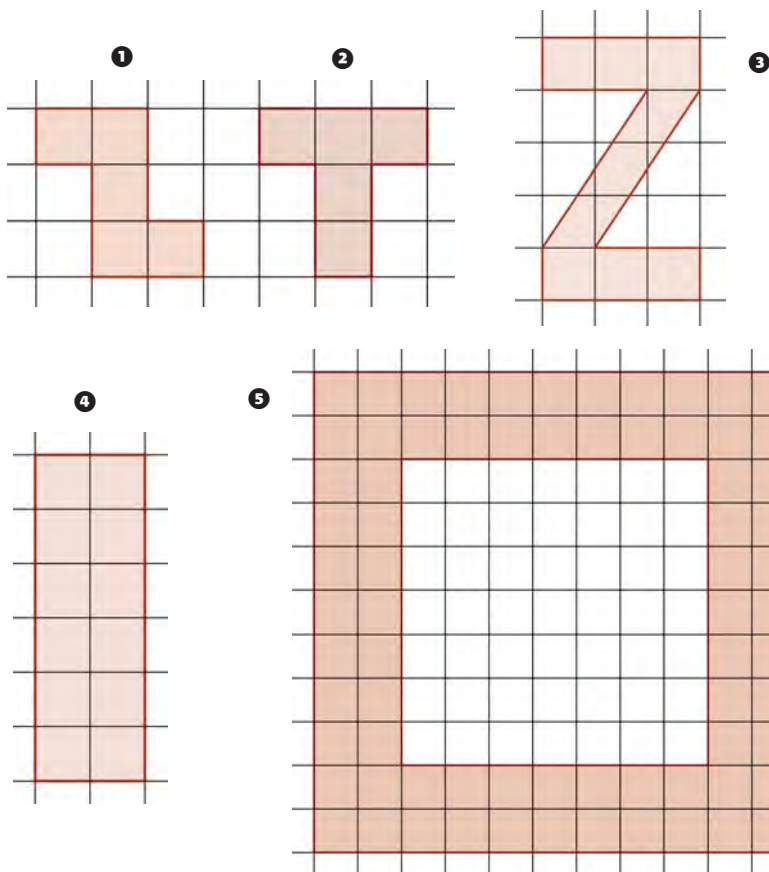
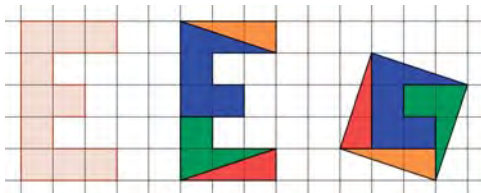
Milliseid veebikülgi kõige sagedamini külastate?

Delfi tuleb mul arvutis vaikimisi kõigepealt lahti ja aitab vähemasti pealkirjadele pilku heites kõige jooksvamate päevakajaliste asjade olemasolust aimu saada. Ajalehti loen ikka veel põhiliselt paberilt. Google'ita ei kujutaks oma elu ilmselt ka enam ette. Suhteliselt regulaarselt heidan pilgu loomaaegade Euroopa- ja maailmaorganisatsioonide kodulehtedele. ●

Veel ruutude moodustamisi

Ülesannetes tuleb iga etteantud kujund sirgete lõigete abil jaotada minimaalseks arvuks väiksemateks tükideks nii, et tükidest saaks kokku panna ruudu. Et erinevaid minimaalseid tükeldusi võib olla palju, siis seekord tuleb iga ülesande puhul teele saata üks selline lahendus, mille puhul tükke on võimalikult vähe. Et kolme viimase ülesande puhul on ruudu moodustamine ehk tavapärasest veidi raskem, siis tasub nendega seotud arvutusi ja katsetusi teha eraldi ruuduliste paberilehtede peal.

Näiteülesanne ja selle lahenduskäik



Vooru „Topelttõesed võrdused Rooma arvudega” vastused

- 1) $9 + 99 + 91 = 199$
- 2) $75 + 5 + 577 = 657$
- 3) $66 + 666 + 666 + 64 + 4 = 1466$
- 4) $3 + 33 + 38 + 83 + 833 + 9 = 999$
- 5) $488 + 4888 + 19 + 95 + 58 = 5548$



AUTORIST

TÕNU TÕNSO (1959) on matemaatik. Lõpetanud Tallinna Pedagoogilise Instituudi matemaatika-füüsika erialal 1982. Töötanud koolis matemaatikaõpetajana. Praegu Tallinna Ülikooli lektor, mitmete matemaatikaõpikute autor. On Eesti Matemaatika Seltsi liige.

Vastuste ärasaatmise tähtaeg on
10. detsember 2014.

Lahendused saata aadressil
MTÜ Loodusajakiri (ajakiri Horisont),
Endla 3, Tallinn 10122
või tonu@mathema.ee.

2014. aasta parimale nuputajale

auhinnaks 100 euro eest raamatuid
Rahva Raamatust.

ra | Rahva Raamat
SAJANDIJAGU VAIMUTOITU

Vooru võitja

saab kingituseks raamatu sarjast
„Looduse raamatukogu”.
Valikuvõimalustega tutv

www.loodusajakiri.ee.



Vooru „Topelttõesed võrdused Rooma arvudega” tulemused

Viienda vooru ülesanded olid lihtsad. Kõik ülesanded lahendasid õigesti ja 5 punkti kogusid Arvo Adamson, Heino Filatov, Vladimir Jaanimägi, Karin Järvis, Aarne Kurjama, Ago Kuusik, Toomas Lausmaa, Priit Meos, Allar Padari, Paul Palm, Silver Rebenits, Meelis Reimets, Margot Sepp, Sander Stroom, Anti Sõlg, Rein Tikovt, Kuldar Traks, Toomas Tõnissoo, Maire Tühis ja Kevin Väljas.

Tabeliseisu pärast viiendat vooru leiata veebiküljelt www.horisont.ee.

Viienda vooru auhinna – raamatu sarjast „Looduse raamatukogu” – võitis loosi tahtel **Karin Järvis**. Võitja saab tutvuda sarjas ilmunud raamatutega veebiküljel www.loodusajakiri.ee ja anda oma eelistusest teada toimetuse telefonil 610 4105.

Kesk- aegne metallist kann kätele vee vala- miseks	Juuretus		Tee ladina k.	Norra suusa- legend		Sise- arhitekt	Kala	Kuma	Mitte raatsima	Prantsu- se mate- maatik	 GMO-vastane võitlus põhineb suuresti valedel ja on						
Sõlm- tehnikas vaip					Element nr. 34 Häälepilu			Hektar	Ühes. tähed								
Kagu- Aasias kasvav puu																	
Rooma 4			Ühes. tähed Lühend kirjal			Plahva- tuslehter Tulease											
Argentina jalgpallur								Asesõna			Kondi- auruga	United States	Kuma	Number	Kuma	Kes on pildil?	Mehe- nimi
AASA- MAA				Asesõna			Linn Ar- gentinas Linn Pr.-maal								Element nr. 42		
Väärikus			Saksa kirjanik Pagari- toode					Gaas inglise k. Doonau lisajögi					Riik prants. k. Aidake!				
Kuma	Annus Norra sõude- legend					Pesu- pulbri- mark						Möiste bridžist Linn Ve- nemaal					
Õõnsus					Jumal ladina k. Kitsetall inglise k.				Kala- leeme- tarrend Kala								Naise- nimi
Kuma		Endine antro- poloog									Uudiste- agentuur			Vana- nimene Element nr. 24			
Elastne aine							Drastiline inglise k. End. USA dirigent								Ühes. tähed Filmitäht		
Järjest. tähed			Hutjama					Järjest. tähed Jook					Gaidari jutustus ETV saade				Laul Fxi reper- tuaarist
Dirigent					Ühe- sugused tähed			Endine näitleja Dmitri hüüdnimi						Kreeka täht Pealinn Euroopas			
 KUMA KANGE Ristsõnad kogenud lahendajatele!					Tava- õigus islami- maades						Keraamik						
						Veoauto- mark				Võrgu- nõel Element nr. 57			Naise- nimi Ansambel			Järjest. tähed	
					Mehe- nimi						Liiter						
					Noot			Maarjas (vanasti)							Element nr. 60		



Kõigil lahendajatel palume ära märkida selles numbris
KÕIGE ENAM MEELDINUD KIRJUTISE!

Lahendajate vahel läheb loosi „Kuma ristsõnaraamat 8“.

Eelmise ristsõna vastus „Minu jaoks on olnud olulisimad need kohad, kus teadus, filosoofia ja religioon SÜÜDIMATULT ÜHTE HEIDAVAD” viitas luuletaja Jürgen Rooste mõtisklusele teaduse rolli üle tema elus, mis ilmus 2014. aasta neljandas Horisondis.

Ristsõnarõõmude aastatellimuse võitis loosi tahtel **Ain-Elmar Kaasik** Tartust.



2014. aasta viiendas Horisondis meeldis ristsõna ja mälusäru lahendajatele eriliselt Hanna Hõraku ja Hannes Kollisti artikkel „Genoomide muutmine. Ei midagi enneolematut“.

Arva ära!

1 Ta oli pärit tagasihoidlikust alama klassi aristokraatide perest, olles esimene Rooma keiser, kes ei pärinenud senaatoriperekonnast. Ta alustas oma valitsemisajal mitmete suurte ehitiste rajamist Roomas ning maksustas avalikke käimlaid. Suri loomulikku surma (mis ei olnud sel ajal keisrite hulgas iseenesest-mõistetav). **Kes oli see keiser?**



2 Sellesse taimeperekonda kuulub umbes sada liiki Lõuna-Aasias ja Okeaanias kasvavaid kaunite õitega puid ja põõsaid. Ühe liigi (India) söödavaid vilju nimetatakse „elevandi õunteks” ja neid kasutatakse India köögis karride ja džemmide valmistamiseks. **Mis taimeperekond?**



FOTOD: WIKIPEDIA



3 Küsitava kunstniku ateljeed kujutaval maalil on näha mitmeid tolle aja tuntud kunstnikke (Pierre-Auguste Renoir, Eduard Manet, Claude Monet), aga ka kirjanik Emile Zola'd. Maali autorit on nimetatud „unustatud impressionistiks”. Ta hukkus Prantsuse-Preisi sõjas 28-aastasena. **Kes on selle maali autor?**



5 See 1764. aastal asutatud ülikool on saanud oma praeguse nime aastail 1769–1841 elanud ärimehe ja filantroobi järgi (keda on kujutatud ka lisatud pildil). Selles ülikoolis on õppinud paljud Nobeli preemia laureaadid, aga ka mitmed tuntud poliitikud, ajakirjanikud, ärimehed ja näitlejad. Selle ülikooli teadlased on olnud ka Juri Lotmani tööde tutvustajaks läänemaailmas. **Mis ülikoolist on jutt?**



FOTO: INDREK SALIS

MÄLUSÄRU 5/2014 VASTUSED

1. Alfred Lothar Wegener (sai tuntuks oma teooriaga mandrite liikumisest).
2. Näkirohi.
3. Challengeri sügavik.
4. Wilton House'i diptühhon (ka Wiltoni diptühhon).
5. Salatsi (läti keeles Salacgrīva, saksa keeles Salis), sündmus: Positivuse muusikafestival

● Eric Chaline'i raamatu „Viiskümmend masinat, mis muutsid ajalugu” saavad loosi tahtl endale Hugo Tang, Peeter Böckler ja Toomas Tõnissoo.



AUTORITEST

JEVGENI NURMLA (1959) ja INDREK SALIS (1962) on tunnustatud mälumängurid. Mõlemad on aktiivselt tegutsenud ka sadakonda huvilist ühendavas Eesti Mälumänguliidus, Indrek Salis aastast 1999 juhatuses esimehena.



VASTA JA VÕIDA RAAMAT!
Vastanute vahel loosime välja kolm Mark Blake'i raamatut „Queen: rääkimata lugu” kirjastuselt Koolibri.

VASTUSEID
ootame 15. detsembriks aadressil Endla 3, Tallinn 10122 või horisont@horisont.ee. Pange kirja ka selles ajakirjanumbris kõige rohkem meeldinud kirjutis.

MÄLUSÄRU rubriiki toetab kirjastus Koolibri.



Tutulus

E E S T I A R H E O L O O G I A A A S T A K I R I

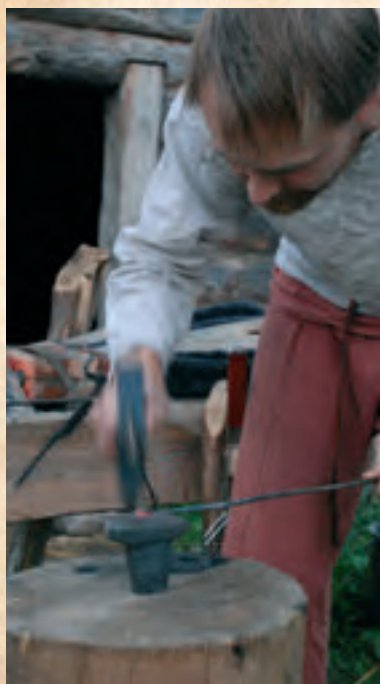


TARTU ÜLIKOOL
ajaloo- ja arheoloogia instituut

2015. aasta jaanuaris jõuab taas kõigi Horisondi lugejateni Eesti arheoloogia aastakiri TUTULUS. Ajakirja kolmandas numbris leidub põnevaid artikleid juba tuttavatelt autoritelt, aga kirjutajate hulgas on ka uusi tegijaid.

Tutuluse kolmandas numbris:

- Vilma Trummal – Tartu arheoloogia ema. Persoonilugu 2014. aasta sügisel 90 sünnipäeva pidanud särava naisarheoloogi elust ja tööst
- Arheoloogia inimeselt inimesele. Kas arheoloogia võib olla ka hobi? Oma kogemusi ja muljeid jagavad arheoloogiasõbrad.
- Linna lihtsa elu peale. Meie teejuhiks varastel linnatänavatel on Tõivotu, noor mees, kes on ühel päeval tuhatkond aastat tagasi teel ühe tolleaegse tavalise Lõuna-Eesti linnuse juurde, et sinna elama asuda
- Kas Otepää linnuselt leiti muinaseestlaste sõjasarv?
- Salme süütenoolega süütamas. Lugu ühest arheoloogilisest (pürotehnilisest) eksperimendist
- Peadekultus ja laps odaga ehk muinaseliidist Viimsis. Kalmed, kuhu nad maeti, olid võimsad, aukartustäratavad ning määratud kestma igavesti.
- Mida annab välja lugeda paarist põllenurgast?
- Kahekõne: teine hooaeg uuringuid Kohtla rauaageisel ohverduspaigal. Kohtla uuringuid korraldavad arheoloogid arutavad ohverduspaiga ja sellega seotud ettevõtmiste üle
- Millest kõnelevad isotoobid? Tartu Maarja kalmistu varauusaegne kolmikmatus uute analüüsitulemuste valguses
- Nagu juba tavaks saanud, on Tutuluses ka ristsõna nuputamishuvilistele ja lehekülj pere kõige pisematele.



autoriõigus MTÜ Loodusajakiri

KÜLASTA UUT E-POODI teleskoop.ee

- uus ja moodsam kujundus
- kohandatud nutiseadmetele
- blogikeskkond info vahendamiseks
- pidevalt arenev ja täienev - tule loe uut lugu okulaaridest

BRESSER

Taustapilt: ESA-Hubble & NASA



**Bresser Messier
AR-90 EXOS-1**
ø90 mm, F=900 mm
Hea läätsteleskoop
alustavale astronoomiahuvilisele
339€



**Bresser Messier
NT-130 EXOS-1**
ø130 mm, F=1000 mm
Eesti populaarseim teleskoop
alustavale astronoomiahuvilisele
419€



**Bresser Messier
AR-102 EXOS-2**
ø102 mm, F=1000 mm,
fotovõimeline läätsteleskoop
499€



**Bresser Messier
AR-102 EXOS-2 GOTO**
ø102 mm, F=1000 mm,
Soodne automaatika
899€



**Bresser Messier
NT-203 EXOS-2 GOTO**
ø203 mm, F=1000 mm,
Soodne automaatika
1079€



**Bresser
Lyra**
70/900 mm
Lapsele sobiv
219€



**Bresser
Jupiter**
70/700 mm
Lapsele sobiv
199€



**Kompassiga binokkel
Nautic 7x50**
veekindel
179€

**Trinokulaarse peaga mikroskoop
Science TRM-301 40x-1000x**
Sobilik uurimis- ja teadustöoks,
üliõpilasele ja laborisse;
rikkalik lisavarustus
tumevälja kondensorist
kaamerani
790€



**Trinokulaarne
stereomikroskoop
Advance ICD 10x-160x**
Sobilik uurimis- ja teadustöoks,
üliõpilasele ja laborisse;
1x-4x suum-objektiiv,
pealt- ja altvalgustus,
kaameravalmidus
499€

Mikroskoop Biolux
Suurendus 20x-1280x
Kohver ja vajalikud tööriistad,
PC okulaar, pealt- ja
altvalgustus
Sobilik lapsele ja koolile!
alates **99€**



**Stereomikroskoop
Researcher ICD LED**
Suurendus 20x-80x
Reguleeritav pealt- ja
altvalgustus
Toimib ka õues
(akutoide)
199€



**LCD puutekraaniga
mikroskoop 40x-1600x**
Pealt- ja altvalgustus, AV-väljund.
Sobilik koolile ja uudishimulikule
249€

E-pood: www.teleskoop.ee
Helista: 5 2 8 9 8 9 5
Kirjuta: taevatoru@teleskoop.ee
facebook.com/teleskoop.ee

autorõõigus MTÜ Loodusajakiri